

КОНСТРУКЦИИ СОВЕТСКИХ И ЧЕХОСЛОВАЦКИХ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

МАССОВАЯ
РАДИО-
БИБЛИОТЕКА

Основана в 1947 году

Выпуск 1032

КОНСТРУКЦИИ СОВЕТСКИХ И ЧЕХОСЛОВАЦКИХ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

СБОРНИК СТАТЕЙ

КНИГА ВТОРАЯ

МОСКВА ЭНЕРГОИЗДАТ 1981

ББК 32.84
К65
УДК 621.396.6

Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей: Сб. статей. — Кн. 2. — М.: Энергоиздат, 1981, —
К65 192 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1032).
В пер.: 95 к.

Приведены описания лучших конструкций, изготовленных советскими и чехословацкими радиолюбителями. Даны указания по их сборке и наладке. Первая книга вышла в 1978 г. Настоящая книга создана в результате продолжающегося сотрудничества Энергоиздата (СССР) и СНТЛ (ЧССР).

Для широкого круга радиолюбителей.

К $\frac{30404\text{-}424}{051(01)\text{-}81}$ 213-81(Э). 2402020000 ББК 32.84
6Ф2.9

КОНСТРУКЦИИ СОВЕТСКИХ
И ЧЕХОСЛОВАЦКИХ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

Редактор *Л. Н. Ломакин*
Редактор издательства *М. П. Соколова*
Обложка художника *Т. Н. Хромова*
Технический редактор *Г. Г. Самсонова*
Корректор *М. Г. Гулина*
ИБ № 2024 («Энергия»)

Сдано в набор 24.12.80 Подписано в печать 21.07.81 Т-22058 Формат 60 × 90 1/16 Бумага типографская № 2 Гарн. шрифта Таймс Печать высокая Усл. печ. л. 12 Уч.-изд. л. 13,11 Тираж 100 000 экз. Заказ 1671 Цена 95 к.

Энергоиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Уже несколько лет успешно и плодотворно сотрудничают наше издательство и чехословацкое СНТЛ. Убедительным примером тому служит совместное издание книг-сборников «Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей». Первая книга вышла массовым тиражом в СССР и ЧССР в 1978 г. и одобрена читателями.

Настоящая – вторая книга, как и первая, результат творческой деятельности радиолюбителей обеих стран. Она освещает в основном области электроакустической, измерительной и цифровой техники.

В сборник включены описания популярных конструкций, построенных на современной схемотехнической и элементной базе. Многие конструкции экспонировались на радиолюбительских выставках и были отмечены призами и дипломами.

Выпуском в свет второй книги «Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей» издательства вносят посильный вклад в дело расширения научно-технического сотрудничества и развития радиолюбительства наших стран.

УДК 681.84.086.8

ДВУПОЛОСНЫЙ Hi – Fi СТЕРЕОУСИЛИТЕЛЬ

Г. ЛЕВИНЗОН, А. ЛОГИНОВ (СССР)

Усилитель предназначен для высококачественного воспроизведения стереофонических программ от различных источников сигнала. Основная особенность конструкции – наличие двуполосного выходного усилителя в каждом из каналов. Это позволяет значительно уменьшить интермодуляционные искажения, расширить динамический диапазон усилительного тракта, устранить недостатки, обусловленные применением разделительных фильтров акустических преобразователей.

Преимущество двуполосного усилителя проявляется также при усилении сигналов с большим уровнем. В однополосном усилителе в этом случае высокочастотные составляющие спектра сигнала достигают границы динамического диапазона раньше низкочастотных и, следовательно, в большей степени подвержены нелинейным искажениям. В двуполосном усилителе этого не происходит. Наоборот, при значительных нелинейных искажениях в полосе НЧ, но при обеспечении линейного усиления сигнала в ВЧ полосе, был отмечен слуховой эффект их маскирования.

Из других особенностей усилителя следует отметить наличие устройства подавления шума в паузах между фонограммами, фильтра НЧ, позволяющего ограничить частотную характеристику усилителя на уровне 12 кГц, дополнительного стереоусилителя для работы на головные телефоны и блока контроля, позволяющего измерять основные электрические и тепловые характеристики усилителя и значительно облегчающего его налаживание и регулировку.

В усилителе предусмотрена возможность раздельного регулирования усиления каналов, а также дистанционного регулирования громкости и тембра.

Регулирование громкости ступенчатое, тонкомпенсированное. Шаг регулирования переменный (от 2 до 4,5 дБ). Регулирование тембра ступенчатое, раздельное по пяти фиксированным частотам – 60, 250, 800, 3500 и 12 500 Гц. Шаг регулирования 3 дБ. При работе усилителя на маломощную нагрузку его мощность может быть ограничена.

Усилитель оснащен устройством, защищающим выходные транзисторы при коротком замыкании цепи нагрузки.

Технические характеристики усилителя

Номинальная (синусоидальная) выходная мощность
каждого канала, Вт 45
В том числе:
по низшим частотам 27
по высшим частотам 18
Рабочая полоса частот, Гц:
при неравномерности ± 3 дБ 10–200 000
при неравномерности ± 1 дБ 20–100 000
Коэффициент нелинейных искажений, %, не более:
при номинальной мощности
на частоте 400 Гц 0,5
на частоте 10 000 Гц 0,5
при мощности менее 0,1 номинальной
на частоте 400 Гц 0,2
на частоте 10 000 Гц 0,2
Глубина регулирования тембра на каждой из фиксированных частот, дБ . . . . ± 20
Глубина регулирования громкости, дБ . . . . — 60
Переходное затухание между каналами, дБ, на частотах:
100 Гц 70
1000 Гц 65
3000 Гц 62
10 000 Гц 56
Выходное сопротивление, Ом:
по выходу НЧ 0,05
по выходу ВЧ 0,15
Номинальное сопротивление нагрузки по обоим выходам, Ом 2

Характеристики входов усилителя сведены в табл. 1.

Таблица 1

Вход	Чувствительность, В	Входное сопротивление, кОм	Динамический диапазон, дБ	
			по полосе НЧ	по полосе ВЧ
Микрофон М	0,001	50	62	60
Электромагнитный звукосниматель Зв-1	0,005	50	68	78
Пьезокристаллический звукосниматель Зв-2	0,25	500	70	72
Универсальный Р	0,6	500	74	76
Линия Л	10	500	76	78

Примечания: 1. Динамический диапазон измерен при подключении на вход усилителя резистора с сопротивлением, эквивалентным сопротивлению источника сигнала.

2. При работе с устройством шумоподавления динамический диапазон равен 86 дБ с любого входа.

3. Чувствительность со входа *Зв-1* соответствует частоте 1 кГц.

Габариты усилителя 420 × 330 × 130 мм, масса 12 кг.

Функционально каждый канал усилителя состоит из шести основных блоков: входного усилителя, блока регулировок, телефонного

усилителя, выходного усилителя, состоящего из предварительного и оконечного, блока питания и блока контроля.

Схема одного из каналов усилителя изображена на рис. 1. Входной усилитель включает в себя микрофонный (транзисторы $T_1 - T_3$) и согласующий (T_4, T_5) усилители и переключатель входов B_1. В трех нижних (по схеме) положениях переключателя B_1 сигнал через резистивные делители напряжения поступает непосредственно на вход согласующего усилителя. Благодаря глубокой отрицательной обратной связи через резистор R_{23} и положительной обратной связи через конденсатор C_{11}, компенсирующей шунтирующее действие резистивной цепочки $R_{19}R_{21}$, входное сопротивление согласующего усилителя на частоте 1 кГц достигает 2,2 МОм. Выходное сопротивление согласующего усилителя около 50 Ом, коэффициент передачи по напряжению равен двум.

В положении *М* переключателя B_1 сигнал поступает на вход микрофонного усилителя. С целью получения максимального отношения сигнал/шум транзистор T_1 работает при малом коллекторном токе. Ступень на транзисторе T_2 – согласующий эмиттерный повторитель. Общий коэффициент усиления по напряжению равен примерно 500. Конденсатор C_5, шунтирующий резистор R_{11} обратной связи, ограничивает частотную полосу усилителя при работе от микрофона (частота среза 16 кГц).

При работе от электромагнитной головки звукоснимателя (положение *Зв-1* переключателя B_1) микрофонный усилитель выполняет функцию корректирующего. Цепи коррекции $R_{18}C_8C_9$ (частотно-зависимая отрицательная обратная связь) и C_4R_{10}. Подбирая различные комбинации номиналов конденсаторов C_1, C_3 и C_4, можно получить различные варианты коррекции усилителя. На рис. 2 изображены некоторые виды частотной характеристики в области самых низких частот. Соответствующие этим кривым номиналы конденсаторов C_1, C_3 и C_4 сведены в табл. 2. Спад частотной характеристики достигает 60 дБ/декаду (или 18 дБ/октаву).

Необходимый вариант коррекции в области низших частот выбирают в зависимости от качественных показателей применяемого проигрывателя.

Нагрузкой входного усилителя служит блок регулировок, который состоит из ступенчатого тонкомпенсированного регулятора громкости B_1, ступенчатых регуляторов тембра $B_2 - B_6$, ступенчатого регулятора стереобаланса B_7 и подавителя шумов, собранного на транзисторах $T_4 - T_9$. Регуляторы тембров и стереобаланса в обоих каналах соответственно спарены. Регуляторы громкости – независимые.

С движка регулятора громкости сигнал поступает на вход эмиттерного повторителя на транзисторе T_1, а с его нагрузки – на регулятор

Таблица 2

Кривая	C_1, мкФ	C_3, мкФ	C_4, мкФ
1	10	100	0,05
2	10	50	0,033
3	2	30	0,033
4	2	20	0,022

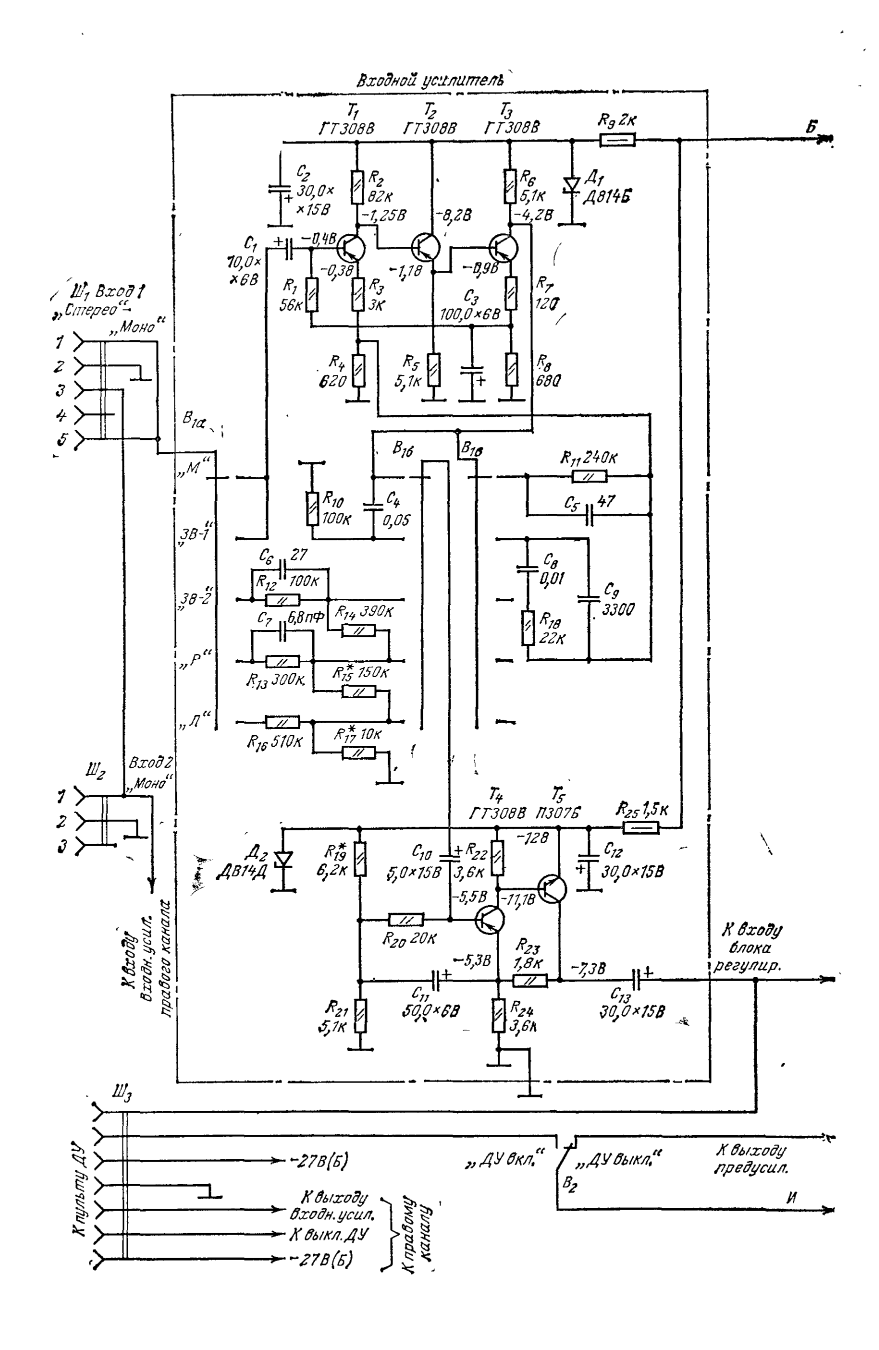


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя (левого канала).

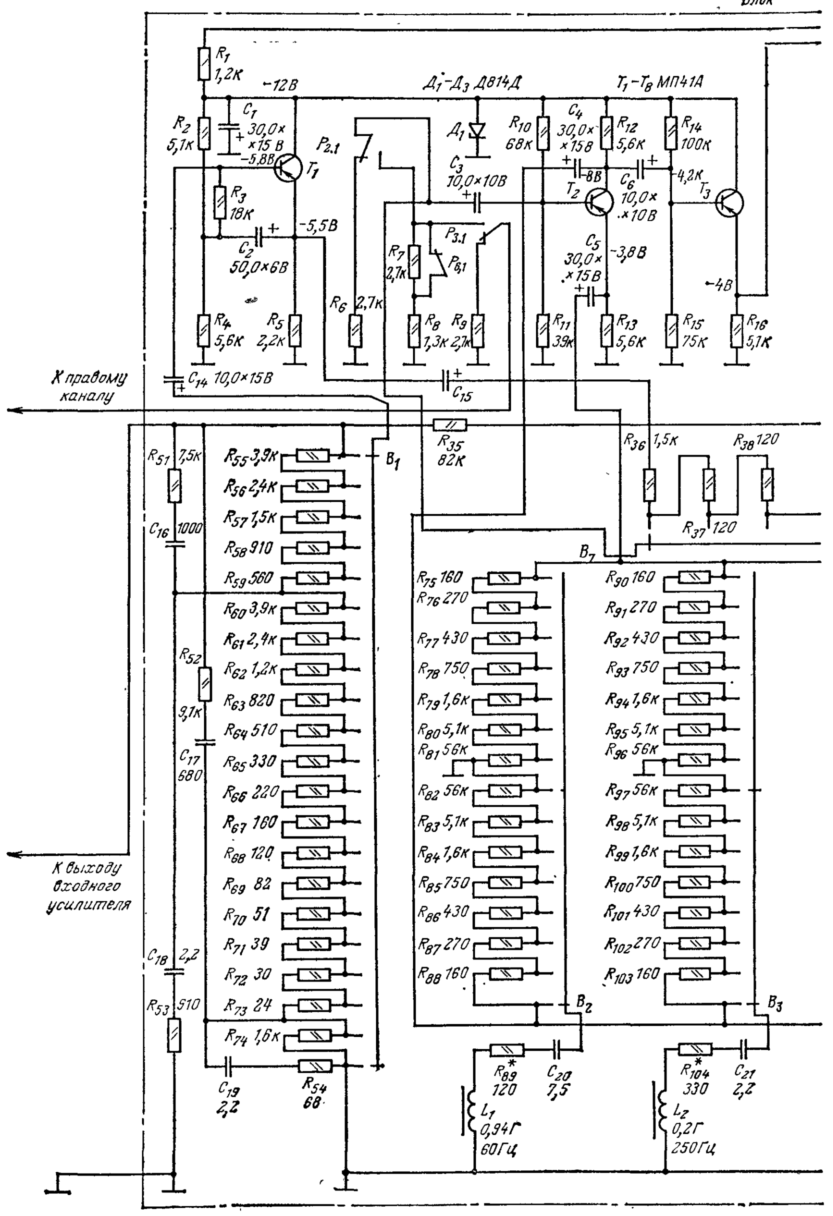


Рис. 1. Продолжение.

регулировок

Б

R_{25} 1,2к
R_{30} 1,5к
−12В
$Д_2$
R_{18} 82К
R_{24} 5,1К
$Д_3$
R_{29} 2к
C_{12}^* 200,0×10В
R_{34} 1,2к
К выкл. ДУ
C_8 47
−6,2В
C_{10} 20,0×15В
−1,8В
C_7 10,0×10В
T_4
−0,4В
T_5
T_6
R_{23} 2к
T_7
T_8
R_{31} 2к
$В_8$ „Вкл. ПШ"
$Д_4$ Д219С
R_{17} 56К
−0,5В
R_{20} 5,1к
R_{21} 430
R_{27} 6,2к
R_{32} 2к
T_9 МП42Б
R_{19} 3,9К
C_9 100,0×6В
R_{22} 680
R_{26} 47к
C_{11}^* 50,0×15В
R_{28} 4,7к
C_{13}^* 50,0×15В
R_{33} 6,2к

R_{40} 120, R_{42} 130, R_{44} 150, R_{46} 150, R_{46} 160, R_{50} 160
R_{39} 120, R_{41} 130, R_{43} 130, R_{45} 150, R_{47} 150, R_{49} 160

R_{105} 160
R_{106} 270
R_{107} 430
R_{108} 750
R_{109} 1,6к
R_{110} 5,1к
R_{111} 56к
R_{112} 56к
R_{113} 5,1к
R_{114} 1,6к
R_{115} 750
R_{116} 430
R_{117} 270
R_{118} 160

R_{120} 160
R_{121} 270
R_{122} 430
R_{123} 750
R_{124} 1,6к
R_{125} 5,1к
R_{126} 56к
R_{127} 56к
R_{128} 5,1к
R_{129} 1,6к
R_{130} 750
R_{131} 430
R_{132} 270
R_{133} 160

R_{135} 160
R_{136} 270
R_{137} 430
R_{138} 750
R_{139} 1,6к
R_{140} 5,1к
R_{141} 56к
R_{142} 56к
R_{143} 5,1к
R_{144} 1,6к
R_{145} 750
R_{146} 430
R_{147} 270
R_{148} 160

$В_4$
$В_5$
$В_6$

R_{119}^* 360, C_{22} 0,68
R_{134}^* 360, C_{23} 0,15
R_{149}^* 160, C_{24} 0,033

L_3 51 мГ 800 Гц
L_4 15 мГ 3,5 кГц
L_5 5 мГ 12 кГц

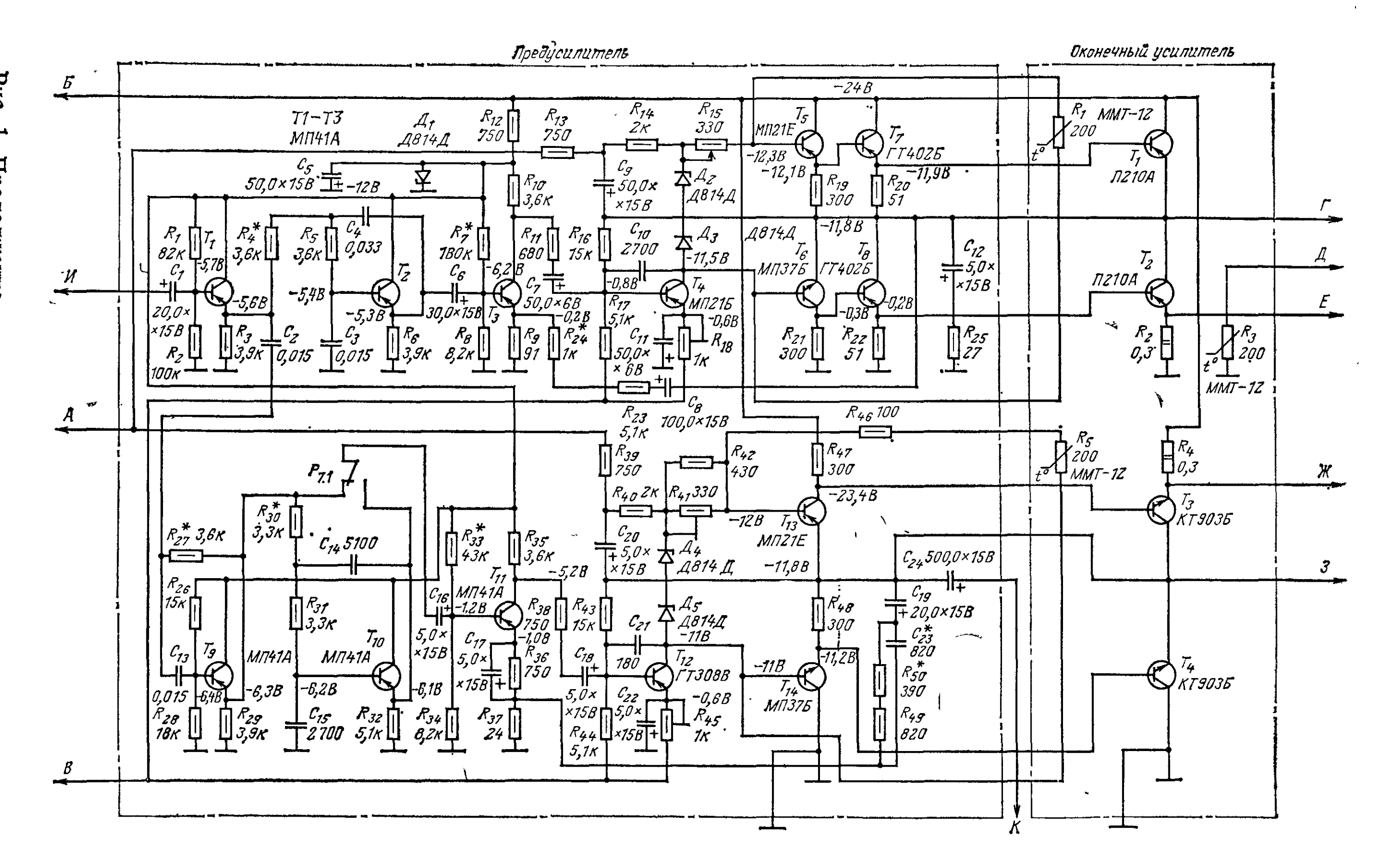


Рис. 1. Продолжение.

стереобаланса B_7 и затем на резистивный делитель, суммирующий сигналы в режимах *Моно* и *Псевдо-стерео*. Объединение каналов в режиме *Моно* происходит при срабатывании реле P_2 и P_3, контакты которых подключают движки регуляторов баланса каналов к резистору R_8. Коэффициент передачи устройства объединения каналов (резисторы регулятора стереобаланса R_{36} – R_{50} и резисторы R_6 – R_9) в режиме *Моно* равен 0,25, а в режиме *Стерео* — 0,5. Таким образом, при переходе от режима *Стерео* к режиму *Моно* уровень громкости практически не изменяется. В режиме *Псевдо-стерео* срабатывает реле P_6 и коэффициент передачи устройства объединения каналов увеличивается (последовательно резистору R_8 подключается резистор R_7), компенсируя тем самым уменьшение громкости при отпускании якоря реле подключения нагрузки (P_4 по рис. 1), которое своими контактами отключает высокочастотные головки громкоговорителя левого канала и низкочастотные правого.

Кривые регулирования громкости, снятые для каждой ступени регулятора, представлены на рис. 3. Наличие раздельных регуляторов громкости в каждом канале допускает смешение сигналов двух различных источников, подключенных через входные усилители левого и правого каналов в режимах *Моно* и *Псевдо-стерео*.

С устройства объединения каналов сигнал через конденсатор C_3 поступает на регулятор тембра, выполненный на транзисторе T_2 и переключателях B_2 – B_6. Коэффициент передачи по напряжению ступени на транзисторе T_2 в среднем положении движков переключателей равен единице. Подъем характеристики на соответствующих частотах образуется в результате подключения последовательного резонансного LC-контура к резистору R_{13} в эмиттерной цепи транзистора T_2, что приводит к увеличению коэффициента передачи на резонансных частотах, а завал происходит из-за шунтирования резонансным контуром нагрузки усилителя. Уровень подъема и завала зависит от соотношения сопротивлений в цепи эмиттера и коллектора транзистора T_2 и активного сопротивления резонансной цепи. Такое построение регулятора тембра позволяет реализовать его с любым числом практически независимых полос регулирования частотной характеристики усилителя.

Резисторы R_{89}, R_{104}, R_{119}, R_{134}, R_{149} служат для выравнивания параметров контуров и тем самым обеспечивают одинаковый подъем и завал частотной характеристики в каждой полосе. Частотные характеристики регуляторов тембра в крайних положениях переключателей B_2 – B_6 изображены на рис. 4. С выхода регулятора тембра через эмиттерный повторитель на транзисторе T_3 сигнал поступает на выход блока регулировок (через резистор R_{34}).

При замыкании контактов выключателя B_8 в работу вступает подавитель шума. Подавитель шума работает следующим образом. При отсутствии сигнала на входе блока регулировок (или уровень этого сигнала меньше установленного порога срабатывания) выход блока регулировок замкнут накоротко открытым транзистором T_9. При появлении входного сигнала транзистор T_9 закрывается и сигнал с выхода блока регулировок поступает на последующие блоки усилителя. Напряжение, управляющее работой транзистора T_9, формируется усилителем на транзисторах T_4 – T_6, детектором огибающей на транзисторе T_7 и дополнительным усилителем на транзисторе T_8.

Чтобы исключить срабатывание подавителя шума в кратковременных музыкальных паузах фонограммы, предусмотрена временная задерж-

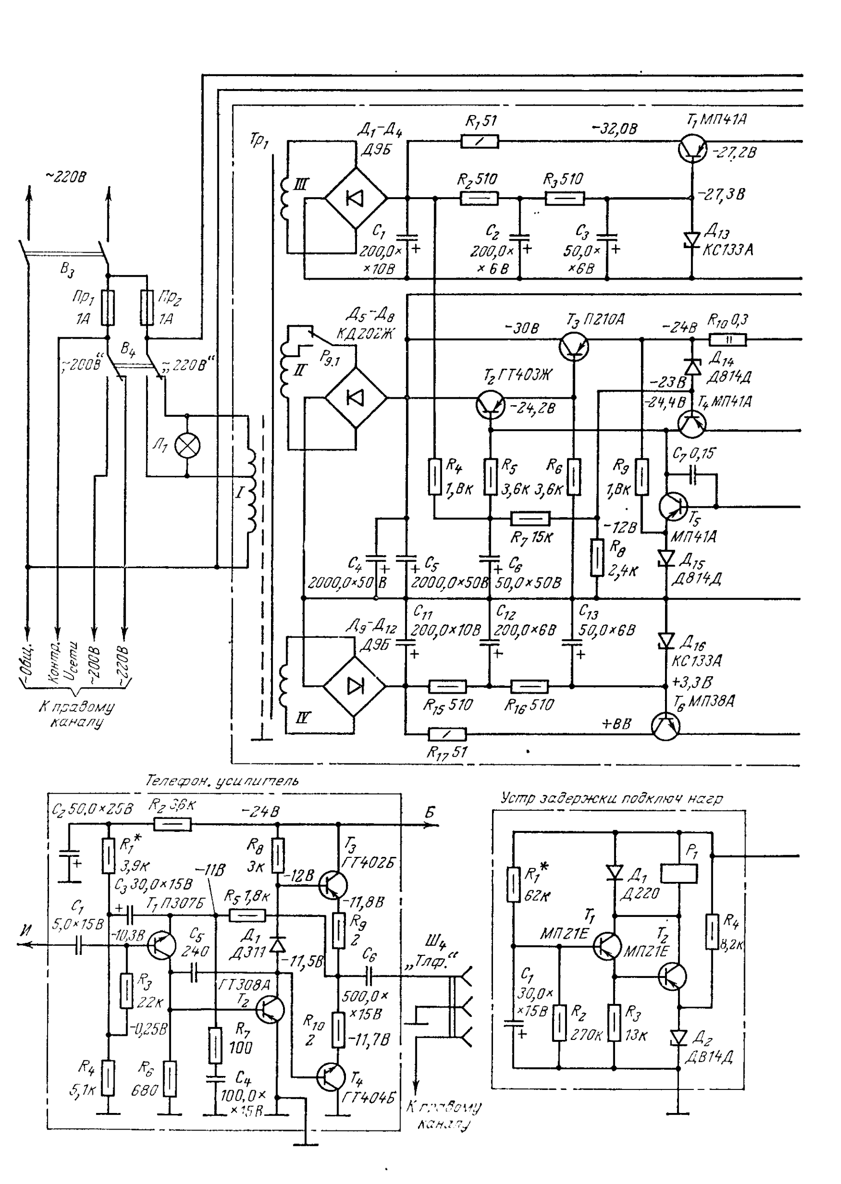
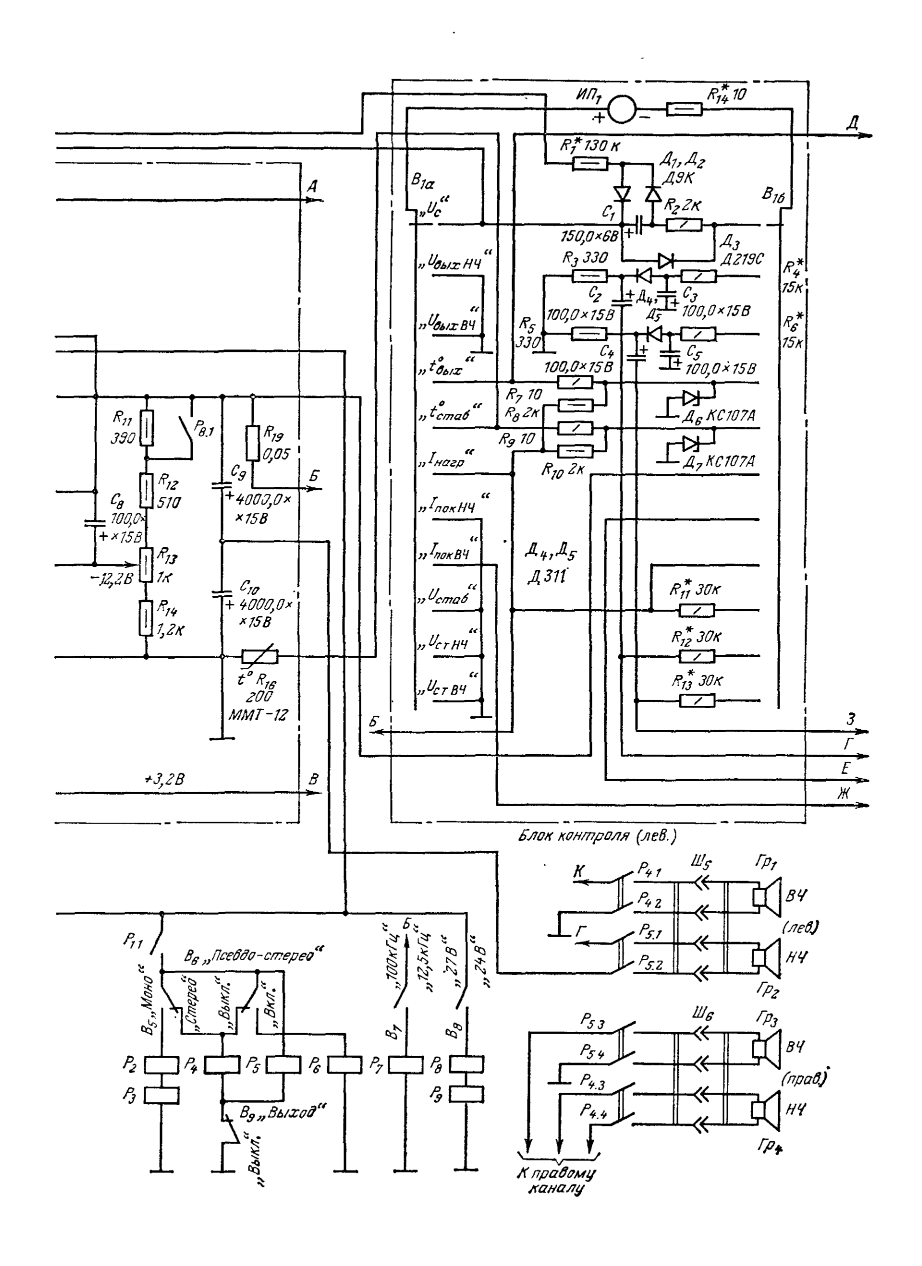


Рис. 1. Продолжение.



ИП1
R*14 10
Д
R*1 130 к
Д1, Д2
Д9К
А
В1а
„Uc“
С1
R2 2к
В1б
150,0×6В
Д3
Д219С
„Uвых НЧ“
R3 330
R*4
15к
С2
Д4,
С3
100,0×15В
Д5
100,0×15В
„Uвых ВЧ“
R5
330
R*6
15к
С4
С5
„t°вых“
100,0×15В
100,0×15В
R7 10
„t°стаб“
R8 2к
Д6 КС107А
R9 10
„Iнагр“
R10 2к
Д7 КС107А
R11
390
Р8.1
R19
0,05
R12
510
С9
Б
+4000,0×
×15В
С8
100,0×
+×15В
„Iпок НЧ“
„Iпок ВЧ“
Д4, Д5
Д311
R13
1к
-12,2В
С10
+4000,0×
×15В
„Uстаб“
R*11 30к
R14
1,2к
„Uст НЧ“
R*12 30к
„Uст ВЧ“
R*13 30к
t° R16
200
ММТ-12
Б
З
Г
Е
+3,2В
В
Ж
Блок контроля (лев.)
К
Р4.1
Ш5
Гр1
ВЧ
Р4.2
Г
Р5.1
(лев)
Р5.2
НЧ
Гр2
Р11
В6 „Псевдо-стерео“
„Моно“
„Стерео“
„Выкл.“
„Вкл.“
„100 кГц“
„12,5 кГц“
„27 В“
„24 В“
В5
В7
В8
Р2
Р3
Р4
Р5
Р6
Р7
Р8
Р9
В9 „Выход“
„Выкл.“
Р5.3
Ш6
Гр3
ВЧ
Р5.4
Р4.3
(прав)
Р4.4
НЧ
Гр4
К правому
каналу

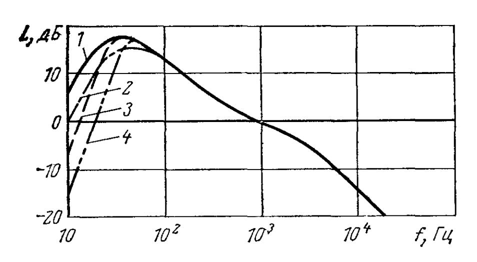


Рис. 2. Частотные характеристики корректирующего усилителя (см. табл. 1).

ка. Длительность задержки (до 1 с) определяется емкостью конденсатора C_{11}. Время нарастания напряжения, управляющего работой транзистора T_9, должно быть достаточно большим, иначе срабатывание подавителя шума будет сопровождаться щелчком в громкоговорителях. Оптимальным следует считать время нарастания, равное 0,1 с, оно определяется в основном емкостью конденсатора C_{12}.

При открывании выхода блока регулировок нужно обеспечить также оптимальные задержку и время нарастания полезного сигнала. Время нарастания определяют также по отсутствию слышимого щелчка в громкоговорителях, оно должно быть не менее 5 мс. Длительность задержки и время нарастания сигнала при открывании выхода зависят главным образом от емкости конденсатора C_{13}.

Подбором резистора R_{35} устанавливают порог срабатывания подавителя шума. Коэффициент подавления шума определяется сопротивлением резистора R_{34} и при указанном на схеме номинале достигает 46 дБ. Поэтому уровень шума в паузах определяется практически лишь собственным шумом выходного усилителя при замкнутом входе, что на 86–90 дБ ниже максимального уровня полезного выходного сигнала.

Так как выход усилителя двуполосный, для прослушивания фонограмм на головные телефоны предусмотрен отдельный стереофонический телефонный усилитель. Усилитель выполнен по бестрансформаторной схеме с гальванической связью между транзисторами. По постоянному току усилитель охвачен глубокой обратной связью, что обеспечивает высокую стабильность рабочего режима.

Коэффициент усиления сигнала переменного тока определяется делителем R_5R_7. Входное сопротивление усилителя на частоте 1000 Гц – около 200 кОм. Полоса воспроизводимых частот 20 – 50 000 Гц с неравномерностью ± 3 дБ. Коэффициент нелинейных искажений при номинальном входном сигнале (200 мВ) – не более 0,2 % на частоте 1000 Гц. Номинальное сопротивление нагрузки усилителя 100 Ом. Возможно подключение телефонов, имеющих большее сопротивление. При применении низкоомных телефонов последовательно с ними необходимо включать добавочный резистор (например, с телефоном сопротивлением 8 Ом сопротивление резистора должно быть 80–100 Ом).

Выходной усилитель можно условно разделить на две части – предусилитель и оконечный усилитель. Основное усиление и разделение частотного спектра сигнала на две полосы обеспечивает предусилитель. Вместо обычно используемых для разделения частотных полос пассивных *RC*-цепей, которые вносят заметную неравномерность в результирующую частотную характеристику вблизи частоты раздела, здесь применены активные *RC*-фильтры второго порядка (фильтры Баттерворта). Они позволяют получить теоретически нулевую неравномерность суммарной частотной характеристики по звуковому давлению и, кроме того, хорошие фазочастотную и переходную характеристики. Активные

Рис. 3. Кривые тонкомпенсации регулятора громкости.

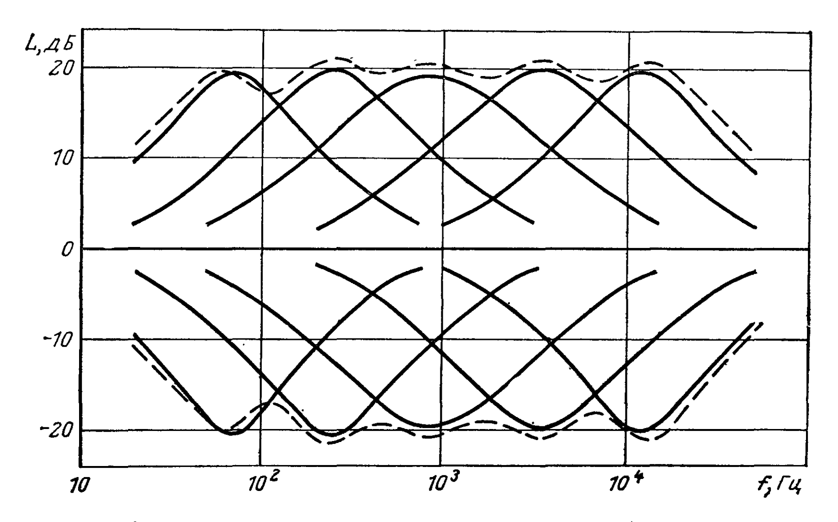


Рис. 4. Частотные характеристики регулятора тембра.

RC-фильтры собраны на транзисторах T_2, T_9, T_{10}, причем фильтры на транзисторах T_2 и T_9 служат собственно для разделения частотных полос.

Выбор частоты раздела частотных полос практически зависит от мощностных и частотных характеристик акустических излучателей. Для получения равномерной характеристики по звуковому давлению вблизи частоты раздела динамические головки, составляющие нагрузку по НЧ и ВЧ полосам, должны иметь равное сопротивление и одинаковую отдачу.

Удовлетворительные результаты можно получить при использовании в качестве нагрузки усилителя акустических колонок от радиоприемника «Рига-101» с добавлением в каждую из них среднечастотной головки 1ГД-4А. Схема колонки показана на рис. 5. Частота раздела НЧ и ВЧ полос 2 кГц.

Практически без переделки можно использовать акустическую систему от радиолы «Симфония». В этом случае из каждой колонки удаляют (или отключают) дроссель и электролитические конденсаторы. Схема будет отличаться от показанной на рис. 5 только отсутствием дросселя L_1. В колонке применены следующие динамические головки: $Гр_1$ – 6ГД-2, $Гр_2$ – 3ГД-1, $Гр_3$ – 1ГД-3. Частота раздела полос здесь может быть выбрана в пределах 700 – 1400 Гц. Для этого нужно изменить емкость конденсаторов активных фильтров. Например, для частоты 1400 Гц емкости конденсаторов будут равны $C_2 = C_3 = C_{13} = 0{,}022$ мкФ, $C_4 = 0{,}047$ мкФ.

Фильтр на транзисторе T_{10} предназначен для ограничения общей полосы рабочих частот усилителя при воспроизведении программ с ограниченным частотным спектром, например при прослушивании стереопрограмм с радиовещательного приемника. Частота среза этого фильтра 12,5 кГц; он включается в тракт высокочастотного канала при срабатывании реле P_7.

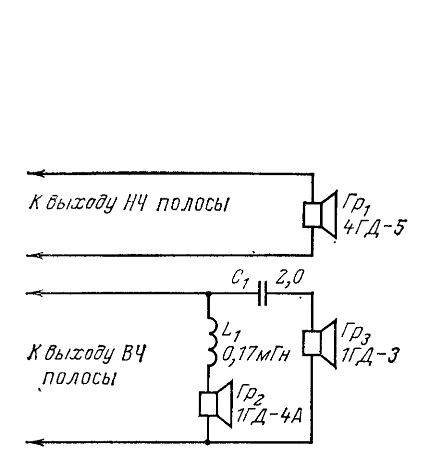


Рис. 5. Схема акустической колонки усилителя, изготовленной на базе колонки от радиоприемника «Рига-101».

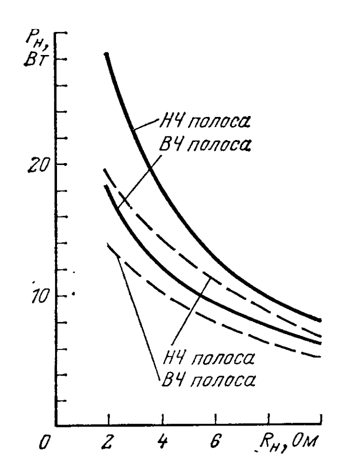


Рис. 6. Зависимость максимальной мощности от сопротивления нагрузки при различном напряжении питания.
— — при $U_{пит}=27$ В; --- при $U_{пит}=24$ В.

Выходные ступени предусилителя выполнены по бестрансформаторной схеме на транзисторах $T_5 - T_8$ и T_{13}, T_{14}. Усилительные ступени, собранные на транзисторах T_4 и T_{12}, питаются повышенным напряжением. Это позволяет повысить стабильность напряжения «средней точки» выходного усилителя за счет увеличения сопротивления резисторов в эмиттерных цепях транзисторов T_4 и T_{12} (R_{18} и R_{45}) и получить при этом размах сигнала, достаточный для максимального использования напряжения питания оконечных транзисторов. Переменные резисторы R_{15} и R_{41} служат для установки начального тока транзисторов оконечного усилителя, а резисторами R_{18} и R_{45} устанавливают напряжение «средней точки» выходного усилителя.

Применение глубокой отрицательной обратной связи (более 30 дБ) помимо малых нелинейных искажений позволило получить низкое выходное сопротивление предусилителя. Введение ступени на транзисторах T_7 и T_8 обеспечивает дополнительное снижение выходного сопротивления по полосе НЧ, что улучшает электрическое демпфирование низкочастотной головки громкоговорителя.

Конденсатор C_{11} корректирует характеристику усилителя по полосе НЧ на низших частотах. Напряжение обратной связи по полосе НЧ подается через резистор R_{16} (по полосе ВЧ – через R_{43}) на базу транзистора T_4 (T_{12}). Кроме того, предусмотрена дополнительная обратная связь по переменному напряжению между эмиттерной цепью транзистора T_3 (T_{11}) через резисторы R_{23}, R_{24} (R_{48}, R_{49}). Подбирая глубину этой обратной связи, устанавливают одинаковое усиление по обеим полосам. Цепочка $C_{12}R_{25}$ устраняет высокочастотную генерацию при малых нагрузках. Конденсатор C_{23} корректирует амплитудную характеристику усилителя по ВЧ полосе на высоких частотах (выше 50 кГц).

Усилитель развивает указанную выше синусоидальную мощность при номинальной нагрузке и напряжении питания 27 В. Кривые зависимости максимальной неискаженной мощности от сопротивления нагрузки изображены на рис. 6. Для сравнения те же характеристики показаны штриховой линией при напряжении питания 24 В. Оконечные транзисторы выходного усилителя не боятся коротких замыканий цепи нагрузки. При коротком замыкании транзисторы П210А в силу своих относительно невысоких частотных свойств не успевают выйти из строя прежде, чем сработает защитное устройство в блоке питания. Транзисторы КТ903Б также выдерживают кратковременные короткие замыкания в нагрузке, так как ток через транзисторы ограничен довольно большим сопротивлением насыщения и не превышает максимально допустимого.

Для устранения резкого щелчка в громкоговорителях при включении усилителя они подключаются к оконечным транзисторам не сразу, а с задержкой в 2–3 с после подачи питания. Задержку обеспечивает специальное устройство, представляющее собой реле времени на составном транзисторе T_1T_2 и электромагнитном реле P_1 (см. рис. 1).

Каждый из каналов усилителя питается от собственного блока питания. Блок состоит из двух маломощных и одного основного мощного стабилизаторов напряжения. Маломощные стабилизаторы собраны каждый на одном транзисторе (T_1 и T_6), а мощный – на четырех транзисторах ($T_2 - T_5$). Для увеличения коэффициента стабилизации и расширения пределов регулирования выходного напряжения транзистор T_5 усилителя обратной связи мощного стабилизатора пи-

тается повышенным напряжением (через резисторы R_4, R_5). Конденсатор C_8 повышает коэффициент передачи усилителя обратной связи по переменному току, что способствует снижению пульсаций выходного напряжения.

При срабатывании реле P_8 и P_9 выходное напряжение мощного стабилизатора уменьшается до 24 В. Пониженное напряжение питания усилителя используется при маломощной нагрузке.

Устройство защиты от перегрузок ограничивает выходной ток мощного стабилизатора на уровне 2,5 А. При коротком замыкании на выходе ток через регулирующий транзистор не превышает 50 мА при температуре корпуса транзистора T_3 в пределах 22–25 °С и 200 мА при температуре корпуса 50 °С. Выходное сопротивление мощного стабилизатора – около 0,05 Ом. Двойная амплитуда пульсаций выходного напряжения – примерно 1 мВ при токе нагрузки 1 А. Пульсации на выходе маломощных стабилизаторов – менее 1 мВ при токе нагрузки 20 мА.

Введение в усилитель специального блока контроля значительно облегчает процесс налаживания и дает возможность контролировать все основные электрические и тепловые характеристики обоих каналов усилителя в процессе эксплуатации. Необходимые параметры с помощью переключателя B_1 можно поочередно контролировать по шкалам стрелочных приборов, установленных на лицевой панели усилителя. Все характеристики имеют практически линейную токовую зависимость, что позволяет использовать для контроля всех параметров одну общую шкалу. Перечень контролируемых параметров, соответствующие им пределы измерения стрелочных приборов, а также номинальные значения параметров приведены в табл. 3.

При измерении напряжения сети (положение *1* переключателя B_1) диод $Д_3$ предохраняет конденсатор C_1 от пробоя при отключенном измерительном приборе. Температура корпусов оконечных транзисторов НЧ полосы (положение *4*) измеряется блоком контроля левого канала, а ВЧ полосы – блоком контроля правого канала. Работа устройства контроля температуры основана на измерении тока в цепи терморезистора. В этом устройстве зависимость тока от температуры в интервале от плюс 20 до плюс 70 °С близка к линейной. Терморезисторы – датчики температуры питаются от параметрических стабилизаторов напряжения, выполненных на стабисторах $Д_6$ и $Д_7$.

Начальные токи оконечных транзисторов и ток стабилизатора контролируют с помощью резисторов – датчиков тока (R_2 и R_4 – в оконечном усилителе, R_{19} – в блоке питания). Выходные напряжения по НЧ и ВЧ полосам, напряжения в «средних точках» усилителей каналов и напряжение питания снимаются непосредственно с выходов усилителей и стабилизатора.

Усилитель конструктивно выполнен в виде нескольких отдельных блоков, смонтированных на каркасе из дюралюминиевых уголков. На рис. 7 показано расположение блоков и деталей на каркасе (вид сверху). Каждый канал включает в себя блоки входного усилителя *9*, оконечного усилителя *10*, предусилителя, размещенного под блоком оконечного усилителя и блока питания *19*. Общими для обоих каналов являются блоки телефонного усилителя, регулировок и контроля, собранные на трех печатных платах *1*, *2* и *5*.

Блоки предварительного и оконечного усилителей и блоки питания прикреплены к каркасу на стойках. Блоки соединены между собой

Таблица 3

Положение переключателя *B1*	Наименование	Параметр	Значение	Шкала
1	«$U_с$»	Напряжение сети	220 В	300 В
2	«$U_{вых\ нч}$»	Максимальное выходное напряжение по полосе НЧ	8 В	10 В
3	«$U_{вых\ вч}$»	Максимальное выходное напряжение по полосе ВЧ	8 В	10 В
4	«$t^0_{вых}$»	Температура корпусов выходных транзисторов:		
		левый индикатор – П210А	20–60 °С	100 °С
		правый индикатор – КТ903Б	20–85 °С	100 °С
5	«$t^0_{стаб}$»	Температура корпуса регулирующего транзистора стабилизатора	20–60 °С	100 °С
6	«$I_{нагр}$»	Ток, потребляемый усилителем от основного стабилизатора напряжения	0,2–2,5 А	3 А
7	«$I_{пок\ нч}$»	Ток покоя транзисторов П210А	25–50 мА	0,5 А
8	«$I_{пок\ вч}$»	Ток покоя транзисторов КТ903Б	50–100 мА	0,5 А
9	«$U_{стаб}$»	Выходное напряжение основного стабилизатора	27 В	30 В
10	«$U_{с.\ т\ нч}$»	Напряжение «средней точки» оконечной ступени полосы НЧ	13,5 В	30 В
11	«$U_{с.\ т\ вч}$»	Напряжение «средней точки» оконечной ступени полосы ВЧ	13,5 В	30 В

Примечание. При номинальном напряжении $U_{стаб} = 24$ В номинальные значения $U_{вых\ нч}$ и $U_{вых\ вч}$ равны 7 В, а $U_{с.\ т\ нч}$ и $U_{с.\ т\ вч}$ – 12 В.

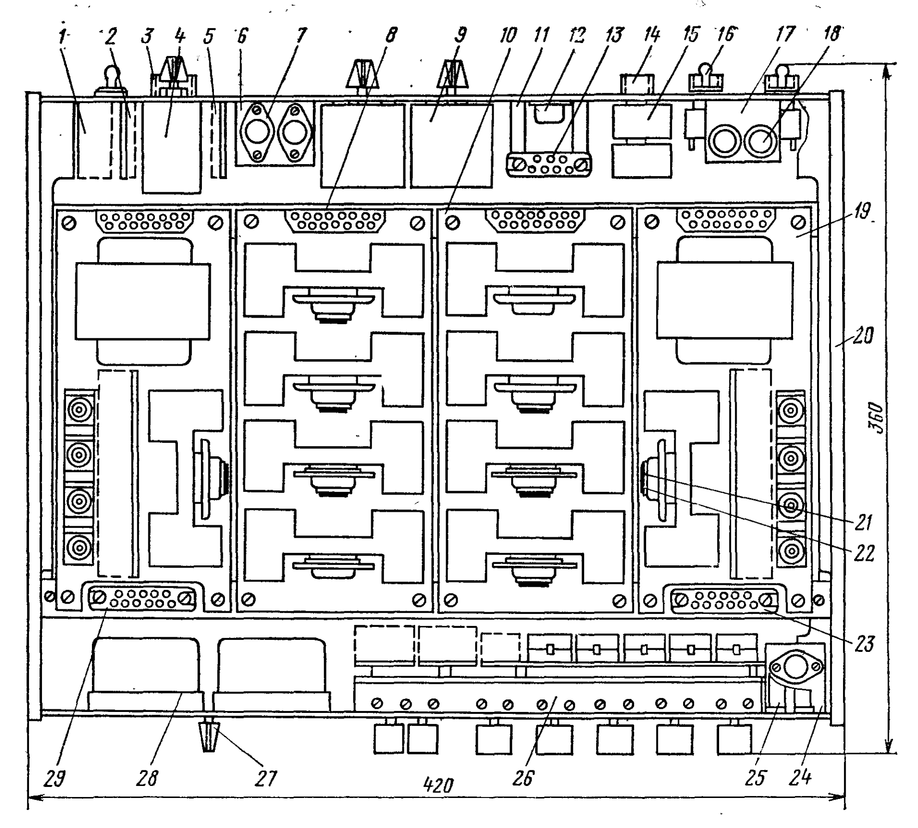


Рис. 7. Расположение блоков на каркасе усилителя.

с помощью разъемов *8*. Оба входных усилителя установлены на задней панели каркаса. Там же установлены переключатель *4* и платы блока контроля, кронштейн *6* с разъемами *7* для подключения входных усилителей, кронштейн *11* для установки телефонного усилителя с разъемом *13*, уголок с реле *15* включения нагрузки усилителя, кронштейн *17* с держателями предохранителей *18*.

На внешнюю сторону задней панели выведены тумблер включения и разъем выносного пульта управления *3*, подключения источников входного сигнала, подключения телефонов *12*, подключения нагрузки *14*, переключатели блока контроля, выходного напряжения стабилизатора *16* и напряжения сети.

К передней панели изнутри прикреплены стрелочные приборы *28*, регулятор стереобаланса (с ручкой *27*), темброблок *26*, фонарь индикаторной лампы *25*, уголок *24* с разъемом, на который сведены цепи сетевого питания усилителя. Под регуляторами громкости и тембра расположены тумблеры переключения режимов *Моно-Стерео*, *Псевдостерео*, включения фильтра НЧ, подавителя шума, нагрузки и включения усилителя в сеть. Элементы и узлы, установленные на передней панели, соединяются с остальными блоками с помощью разъемов *23* и *29*.

Деревянные боковины *20* футляра фанерованы шпоном ценных пород древесины и прикреплены винтами к каркасу изнутри. Верхняя и нижняя панели футляра изготовлены из дюралюминия. Для охлаждения усилителя в них профрезерованы пазы. Внешний вид усилителя показан на рис. 8.

Ступенчатые регуляторы громкости и тембра – самодельные. Конструкция регулятора представлена на рис. 9. Ползунок *2* перемещается по двум направляющим *6* ручкой *5*, фиксированной стопорным винтом *4* на соединительной шпильке *3*. Шпилька ввернута в ползунок по резьбе М4. К нижней части ползунка приклеено контактное устройство, изготовленное из деталей переключателя ПМ. Фиксатором ползунка служит устройство, состоящее из стального шарика *9*, поджатого пружиной *8*, установленной во втулке *1*. Конструктивно регуляторы тембра и громкости объединены в блок печатной платой *7*. Неподвижные контакты регуляторов сформированы из фольги платы. Регулятор стереобаланса имеет аналогичную конструкцию. Для исключения щелчков при регулировании регуляторы должны обеспечивать переключение без разрыва цепи.

В блоке контроля использован переключатель 11П4НПМ, а во входном усилителе – 5П4НПМ. Разъемы межблочных соединений – РП10-15Л и РП10-11Л; разъем для установки телефонного усилителя – РП10-7Л. Разъем подключения выносного пульта управления – 2РМ22Б10Г1В1 (розетка). Разъемы подключения нагрузки – 2РМ14Б4Г1В1, сетевой разъем – 2РМ14Б4Ш1В1 (штепсельная часть). Предусилитель подключен через разъем МРН-22-1. Входные и выходные разъемы входных усилителей и разъем для включения телефонов – унифицированные, СГ-5.

В каждом канале усилителя использованы реле РЭС-10 с паспортом РС4.524.302 (P_2, P_3, P_8 и P_9), РЭС-10 с паспортом РС4.524.305 (P_1), РЭС-15 – паспорт РС4.591.001 (P_6 и P_7). Кроме того, в усилителе применены два реле РЭС-22 – паспорт РС4.500.130 (P_4 и P_5), которые обеспечивают необходимую коммутацию цепей нагрузки в обоих каналах. Терморезисторы *21* (см. рис. 7) температурной компенсации



Рис. 8. Внешний вид усилителя.

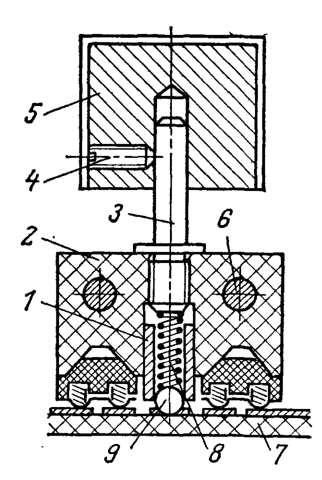


Рис. 9. Конструкция ступенчатого регулятора.

и датчики контроля температуры ММТ-12-200 Ом приклеены к корпусам транзисторов через латунную прокладку *22*. Резисторы в цепи эмиттера транзисторов оконечного усилителя – С5-16Т, мощностью 2 Вт. Переключатели, установленные на передней панели, – ПТ5-1, на задней панели – Т3.

Сетевые трансформаторы намотаны на магнитопроводах ШЛ16 × 32. Обмотка *I* содержит 1100 + 100 витков провода ПЭВ-2 0,35, *II* – 140 + 15 витков провода ПЭВ-2 0,9, *III* и *IV* – 40 витков провода ПЭВ-2 0,35. Экран – один слой провода ПЭВ-2 0,35.

Намоточные данные катушек индуктивности темброблока сведены в табл. 4. Все катушки намотаны проводом ПЭВ-2. Катушки намотаны в броневых сердечниках Б-22 из феррита 2000НМ1. Чашки сердечника пришлифовывают одну к другой, а необходимый зазор устанавливают с помощью прокладок из конденсаторной бумаги толщиной 0,05 мм, располагаемых между внутренними кернами чашек. Зазор необходим для увеличения стабильности параметров катушек. В положении максимального подъема той или иной частотной составляющей сигнала активные сопротивления в цепи всех контуров должны быть одинаковыми и равными 360 Ом. Поэтому после намотки катушек измеряют их активное сопротивление и в цепь контура включают по резистору такого сопротивления, чтобы общее активное сопротивление полученной цепи было равно указанному.

В усилителе использованы подстроечные резисторы СП5-2. Транзисторы оконечных ступеней усилителя и регулирующие транзисторы стабилизаторов установлены на радиаторах. Все блоки усилителя смонтированы на печатных платах. Чертежи некоторых печатных плат усилителя (предусилителя, подавителя шума и телефонного усилителя) изображены на рис. 10–12. Детали на плате телефонного усилителя скомпонованы так, что если обе платы каналов установить параллельно одна над другой печатными проводниками наружу, то образуется компактный конструктивный узел, стыкующийся с усилителем посредством разъема *13* (см. рис. 7).

Таблица 4

Катушки	Индуктивность, мГн	Число витков	Диаметр провода, мм	Сопротивление, Ом	Зазор между чашками сердечника, мм	Добротность
L_1	940	1550	0,08	240	0,1	0,983
L_2	200	730	0,14	35,5	0,1	0,837
L_3	51	400	0,19	10,5	0,15	0,765
L_4	15,5	200	0,27	2,7	0,15	0,892
L_5	4,9	130	0,27	1,7	0,15	1,07

При сборке усилителя необходимо соблюдать все требования, предъявляемые к монтажу высокочувствительной аппаратуры (тщательное экранирование сигнальных цепей, соединение «заземленных» проводников с корпусом в одной точке и т. д.). Это одно из основных условий достижения высоких значений технических характеристик. В частности, в блоке питания все «заземленные» проводники мощного стабилизатора необходимо соединить вместе в одной точке, лучше всего на выходном разъеме блока.

Налаживание усилителя начинают с проверки режима транзисторов. Напряжения на выводах транзисторов указаны на рис. 1.

Все блоки, кроме предусилителя, налаживают раздельно. Предусилитель следует налаживать после полной сборки усилителя. Наличие блока контроля значительно упрощает налаживание предусилителей каналов и всего усилителя в целом, так как имеется возможность измерять практически все необходимые параметры без применения дополнительных приборов и без разрыва электрических цепей при измерении токов.

При налаживании измерителя температуры корпуса мощных транзисторов подбором резисторов R_7 и R_9 добиваются одинаковой погрешности на краях диапазона измерения температуры. Градуировать шкалу можно, опустив терморезистор в стакан с горячей водой, куда погружен также контрольный термометр.

Сердечники с катушками блока регулировок помещают в экранирующую коробку. После окончательной сборки усилителя коробку с катушками закрепляют на каркасе усилителя в таком положении, при котором обеспечивается минимум фона (его контролируют на слух или по осциллоскопу). При этом к выходу усилителя должна быть подключена акустическая система, регуляторы громкости установлены в положение наименьшей громкости, а регуляторы тембра *60 Гц* и *250 Гц* – в положение максимального подъема. Каждый канал усилителя налаживают отдельно.

Для измерения технических характеристик усилителя необходимо иметь звуковой генератор (например, Г3-33) и электронно-лучевой осциллоскоп (например, С1-19Б). Нелинейные искажения можно измерить с помощью приставки к осциллоскопу, описание которой приводится ниже. Осциллоскоп можно заменить ламповым вольтметром (например, ВК7-9), но в этом случае возможны ошибки при измерениях, так как будет отсутствовать визуальный контроль формы измеряемого сигнала.

В современных высококачественных усилителях коэффициент нелинейных искажений (к. н. и.) не превышает 1 %, а в некоторых конструкциях может быть менее 0,1 %. Поэтому для достоверной оценки уровня нелинейных искажений описываемого усилителя был разработан измеритель нелинейных искажений, который совместно с генератором Г3-33 может быть использован для измерения к.н.и. вплоть до 0,05 %. Собственные искажения системы генератор – измеритель при замкнутых измерительных зажимах не превышают 0,01 % (с согласующим устройством – менее 0,015 %). Схема измерителя, рассчитанного на работу на фиксированной частоте 1 кГц, представлена на рис. 13.

Для получения минимальных искажений формы сигнала генератора Г3-33 необходимо на его выходную ступень подавать минимально возможный сигнал (иными словами, ручка плавного регулирования уровня выходного напряжения должна находиться в положении мини-

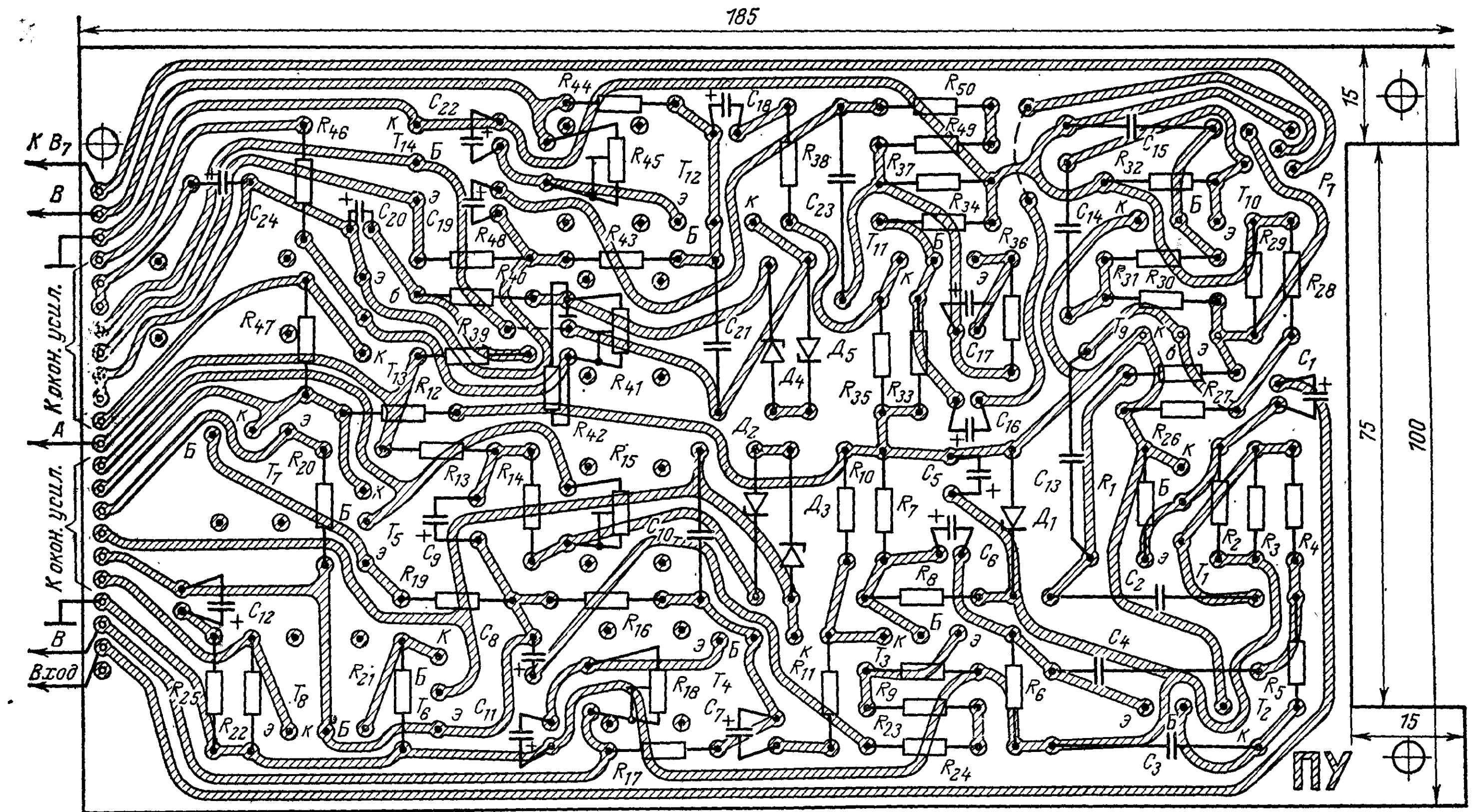
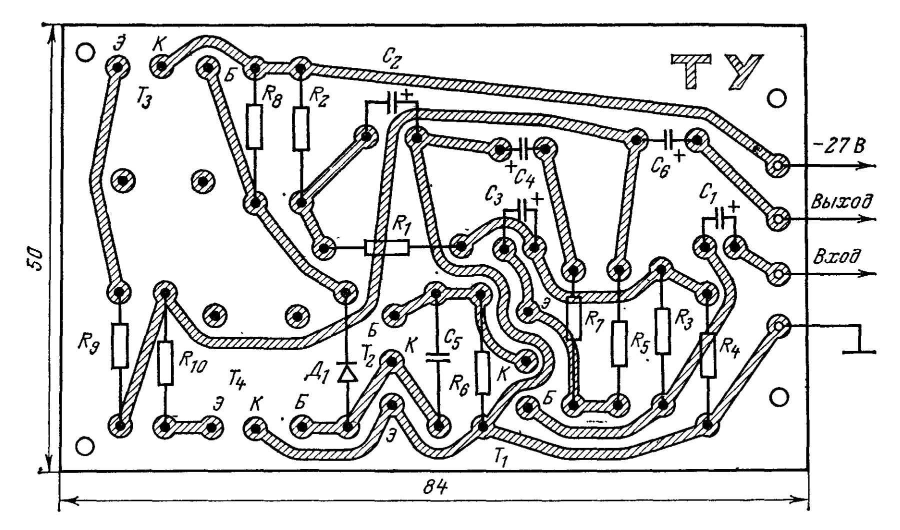


Рис. 10. Печатная плата предусилителя.

Рис. 11. Печатная плата подавителя шума.


Рис. 12. Печатная плата телефонного усилителя.

мального выходного сигнала). Для того чтобы еще более снизить собственный к.н.и. исходного сигнала, на выходе генератора предусмотрен пассивный фильтр $L_1C_1R_1$. Катушка L_1 выполнена без магнитопровода, с тем чтобы не вносить дополнительных нелинейных искажений, обусловленных кривой намагничивания материала магнитопровода. Добротность нагруженного контура L_1C_1 должна быть не менее 10. В этом случае фильтрация гармоник измерительного сигнала будет достаточно эффективной. Третья гармоника сигнала – основная составляющая спектра нелинейных искажений генератора – оказывается ослабленной почти на 30 дБ.

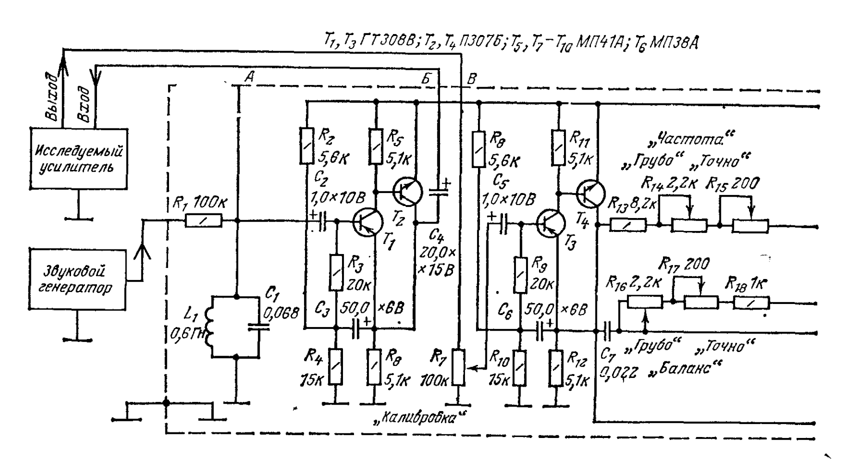


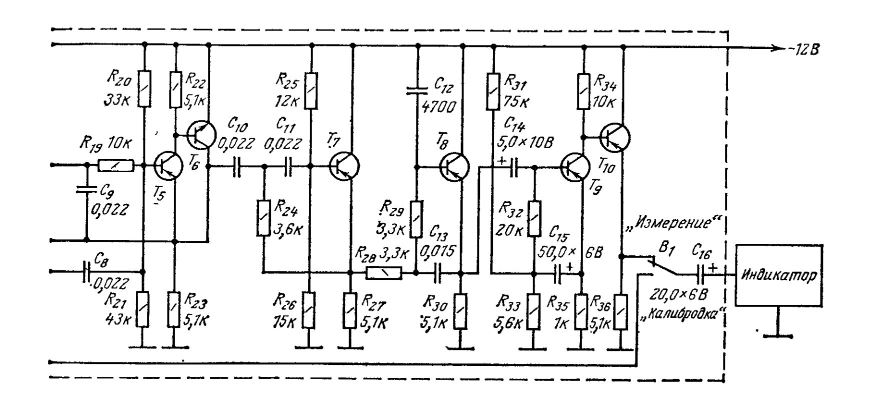
Рис. 13. Принципиальная схема измерителя нелинейных искажений.

Отфильтрованный сигнал с зажима *А* подводят к входу исследуемого усилителя, а к выходу подключают измерительный вход *В* измерителя. Измерение основано на сравнении суммарной амплитуды высших гармонических составляющих с амплитудой исходного сигнала. Основным узлом измерителя является двойной Т-мост в активном фильтре ВЧ с нулем передачи (на транзисторах T_5, T_6, T_7). Нуль передачи настраивают на первую гармонику исследуемого сигнала и при полностью подавленной первой гармонике измеряют амплитуду высших гармоник.

Пассивный двойной Т-мост для измерителя непригоден, так как он имеет слишком малую добротность и кроме подавления основной гармоники сигнала будет сильно ослаблять все высшие гармонические составляющие (вплоть до 10-й). Поэтому измеренный к.н.и. будет значительно меньше реального. Если к тому же исследуется усилитель с малым уровнем нелинейных искажений, пульсации напряжения питания и его собственные шумы могут оказаться соизмеримыми, а иногда даже и превышать амплитуду измеряемых гармоник. Отсюда следует, что помимо подавления основной гармоники необходимо отфильтровывать низкочастотную и высокочастотную помехи выходного сигнала. На транзисторе T_8 собран фильтр НЧ.

При измерении к.н.и., как правило, ограничиваются рассмотрением гармоник со 2-й по 5-ю. Обычно после подавления основной частоты в оставшемся сигнале преобладает лишь одна гармоника. Для однотактных усилителей это вторая гармоника, а для двухтактных – третья. Фильтр НЧ настраивают так, чтобы ослаблялись частоты выше 5-й гармоники основного сигнала. На рис. 14 показана частотная характеристика (кривая *2*) измерительного тракта. Из этого рисунка следует, что 2, 3 и 4-я гармоники передаются без ослабления, а ослабление 5-й гармоники не превышает –1,5 дБ. Кривая *1* отображает характеристику входного фильтра измерителя.

Для формирования частотной характеристики измерителя применены активные фильтры довольно низкой добротности, что определяет малую



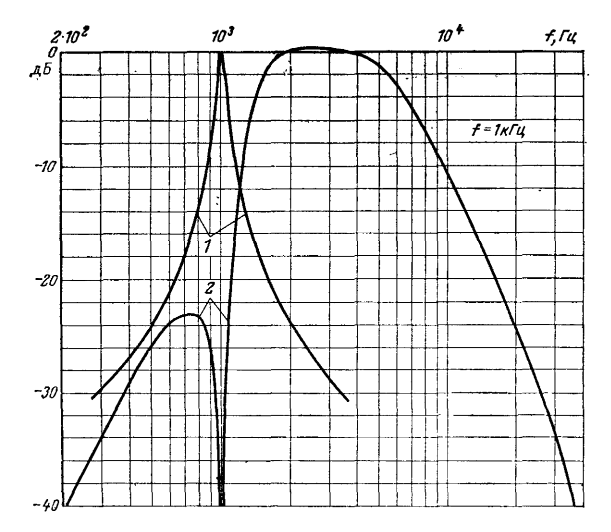


Рис. 14. Частотные характеристики измерительного тракта.

чувствительность передаточной функции к разбросу параметров элементов фильтров. Поэтому при применении конденсаторов с допуском $\pm$ 10 % и резисторов с допуском $\pm$ 5 % частотная характеристика будет близка к изображенной на рис. 14 (кривая *2*) без предварительного налаживания отдельных звеньев фильтра.

На выходе измерителя установлен усилитель (на транзисторе T_9) с коэффициентом передачи около 10. Эмиттерный повторитель на транзисторе T_{10} позволяет применять индикаторы с относительно невысоким (до 10 кОм) входным сопротивлением. Если использовать как индикатор осциллоскоп С1-19Б, имеющий большую чувствительность (5 мм/мВ), то можно будет измерять к.н.и. вплоть до 0,01 %. При меньшей чувствительности индикатора может потребоваться дополнительный усилитель на выходе измерителя.

Порядок работы с измерителем следующий. На выходе генератора устанавливают сигнал такой частоты (около 1000 Гц), при которой амплитуда напряжения на выходе согласующего усилителя максимальна. Если входное сопротивление исследуемого усилителя более 500 кОм, сигнал на его вход снимают прямо с контура $L_1C_1R_1$ – с зажима *А* измерителя, и амплитуда снимаемого сигнала может быть любой (но не более 6 В). При малом входном сопротивлении исследуемого устройства его вход подключают к выходу согласующего усилителя измерителя (к зажиму *Б*) и для получения минимальных искажений, вносимых измерительным трактом, напряжение на контуре должно быть возможно меньшим.

Переключатель B_1 ставят в положение *Калибровка* и регулятором *Калибровка* (R_7) устанавливают действующее значение напряжения на индикаторе не более 0,5 В. На экране осциллоскопа устанавливают максимальный размах сигнала (в линейной зоне). Переключатель B_1 переводят в положение *Измерение* и, поочередно управляя ручками

Частота и *Баланс*, настраивают фильтр на минимум амплитуды сигнала на экране.

Коэффициент нелинейных искажений в процентах вычисляют по формуле: к.н.и. $= 10\ U_{\text{макс. гарм}}/U_{\text{макс. калибр}}$, где $U_{\text{макс. гарм}}$ и $U_{\text{макс. калибр}}$ – амплитуды соответственно напряжения гармоник и калибровочного напряжения, измеренные на экране осциллоскопа. При к.н.и., равном 10%, амплитуда калибровочного напряжения будет равна амплитуде гармоник, так как гармоники усилены в 10 раз выходным усилителем (на транзисторах T_9 и T_{10}) измерителя.

Можно построить измеритель и на несколько фиксированных частот. Для этого потребуется лишь коммутировать элементы активных фильтров и входного контура. Например, для частоты 100 Гц нужны следующие номиналы элементов: $C_1 = 0{,}68$ мкФ, $C_7 = C_8 = C_9 = C_{10} = C_{11} = 0{,}22$ мкФ, $C_{12} = 0{,}047$ мкФ, $C_{13} = 0{,}15$ мкФ, $L_1 = 6$ Гн. Катушку L_1 можно намотать с несколькими отводами для переключения. Вместо осциллоскопа можно использовать вольтметр переменного тока, но в этом случае нужно очень хорошо отфильтровать пульсации напряжения питания измерителя (коэффициент пульсаций не должен быть более $10^{-6} - 10^{-5}$) и следить, чтобы в измерительном тракте отсутствовали наводки напряжения сети, так как в противном случае за напряжение высших гармоник можно ошибочно принять напряжение помех.

УДК 621.396.963.3

ИНДИКАТОР УРОВНЯ НА СВЕТОДИОДАХ

И. СВОБОДА (ЧССР)

Контролировать уровень низкочастотного сигнала желательно на любой стадии его обработки, однако особенно большое значение оперативный контроль уровня входного сигнала приобретает в аппаратуре магнитной записи. Дело в том, что при записи сигналов на магнитную ленту максимальный уровень записи выбирают компромиссным путем: с одной стороны, он не должен быть слишком мал, иначе сильно ухудшится отношение сигнал/шум канала записи-воспроизведения, а с другой стороны, если уровень чрезмерно велик, значительно возрастают гармонические искажения из-за перемодуляции ленты.

Любой индикатор уровня характеризуется двумя временными параметрами – временем интеграции и временем обратного хода. От первого зависит, насколько правильно он будет отображать реальный уровень сигнала в данный момент времени. Естественно, чем меньше время интеграции индикатора, тем лучше он будет реагировать на мгновенные изменения уровня сигнала. Технической комиссией Международной организации по радиовещанию и телевидению (ОИРТ) для индикаторов уровня звукового сигнала в профессиональной аппаратуре рекомендовано время интеграции 5 мс при верности 80%. Это означает, что при подаче на вход индикатора импульса длительностью 5 мс измерительный прибор должен показать 90% номинального отклонения, т. е. постоянного уровня.

Время обратного хода, наоборот, выбирают достаточно большим – 1,5–2 с, иначе невозможно будет следить за изменениями среднего

уровня и, кроме того, мелькание стрелки измерительного прибора быстро утомляет оператора.

Простейшим индикатором уровня может служить микроамперметр, на который подано выпрямленное звуковое напряжение. Такие индикаторы, как правило, не требуют дополнительного усилителя, относительно недороги и поэтому нашли широкое применение в промышленной электроакустической аппаратуре. Однако эти индикаторы обладают одним, но серьезным недостатком – инерционностью. Именно она делает их непригодными для контроля уровня низкочастотного сигнала в профессиональной и высококачественной любительской аппаратуре. Объясняется это тем, что реальная звуковая программа имеет ярко выраженный импульсный характер и стрелочный индикатор из-за инерционности подвижной системы не будет реагировать на кратковременные пики сигнала. При записи же на магнитную ленту даже такие кратковременные перегрузки приводят к значительному возрастанию гармонических искажений в канале записи–воспроизведения. Поэтому в последние годы многие зарубежные фирмы в дополнение к стрелочным индикаторам уровня записи стали встраивать в магнитофоны и индикаторы пиковых уровней так называемые пиковые индикаторы.

В качестве отображающих элементов в этих индикаторах используют светодиоды, которые практически безынерционны.

В дальнейшем от стрелочных приборов отказались вообще, заменив шкалу индикатора дисплеем – набором светодиодов, загорание каждого из которых характеризует превышение определенного заранее установленного уровня. Индикаторы со светодиодами могут иметь любые временные параметры, определяемые только блоком управления, и работать в произвольном положении и при любом освещении.

Ниже описан несложный любительский индикатор уровня на светодиодах. По целому ряду соображений его удобно разделить на две части – измерительный усилитель и дешифратор уровня с дисплеем. Такая конструкция имеет определенные преимущества с точки зрения универсальности применения индикатора. Его отображающая часть может быть использована самостоятельно для измерения, например, выходной мощности, а совместно с логарифмическим усилителем – для измерения уровней с большим динамическим диапазоном. При конструировании индикатора в любительских условиях удобнее разместить измерительный усилитель и дешифратор отдельно на двух печатных платах и следует налаживать их каждый по отдельности.

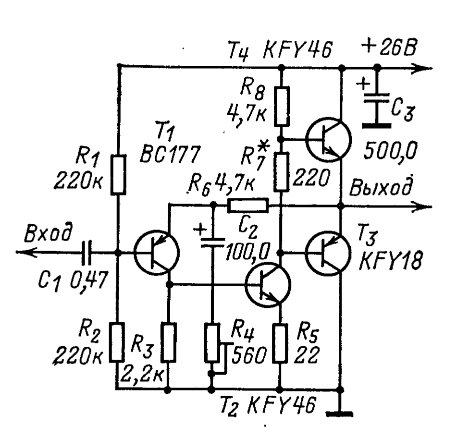


Рис. 1. Схема измерительного усилителя индикатора.

Измерительный усилитель является важной частью любого индикатора уровня, так как его свойства обычно определяют характеристику шкалы стрелочного прибора или другого устройства индикации. Кроме того, выбирая коэффициент его усиления, можно откалибровать индикатор в соответствии с замыслом конструкто-

ра. Основными требованиями к измерительному усилителю являются низкий уровень собственных нелинейных искажений и низкое выходное сопротивление, от которого зависит постоянная времени зарядки интегрирующего конденсатора.

Схема измерительного усилителя изображена на рис. 1. Его усиление можно регулировать в пределах 26 дБ резистором R_4 в цепи обратной связи. Наименьшее усиление составляет 20 дБ. Усилитель собран на кремниевых транзисторах с непосредственными связями между ними.

Ступень на транзисторе T_1 собрана по схеме с общим эмиттером. Транзистор T_2 создает основное усиление и возбуждает двухтактную ступень, собранную на транзисторах T_3 и T_4. Оконечные транзисторы работают в режиме класса А. Ток покоя этих транзисторов устанавливают подборкой резистора R_7. Этот ток должен быть таким, чтобы при подключении нагрузки – пикового выпрямителя – не происходило смещения рабочей точки усилителя. Оконечные транзисторы необходимо установить на теплоотвод. Симметрию усилителя – напряжение 13 В на эмиттерах транзисторов T_3, T_4 – устанавливают подборкой резистора R_1.

Транзисторы T_3 и T_4 следует подобрать близкими по коэффициенту усиления с точностью не хуже 10 %. Подстроечный резистор R_4 должен быть прецизионным, так как от стабильности его сопротивления зависит точность показаний индикатора. Входное сопротивление измерительного усилителя – не менее 50 кОм, неискаженное выходное напряжение – не менее 7 В, а потребляемый ток не превышает 30 мА.

Схема дешифратора индикатора изображена на рис. 2. Основным требованием к дешифратору является линейный перевод значения переменного входного напряжения в постоянное. Входной сигнал с амплитудой 7 В поступает на двухполупериодный выпрямитель с удвоением напряжения, на выходе которого включен интегрирующий конденсатор C_2. Его зарядная цепь должна иметь постоянную времени во много раз меньшую, чем постоянная времени интеграции предписанного нормой. В данном случае постоянная времени зарядки зависит от внутреннего сопротивления измерительного усилителя и емкости этого конденсатора.

Постоянная времени разрядки зависит от емкости конденсатора, эквивалентного сопротивления разрядного резистора R_2, входного сопротивления последующего усилителя и обратного сопротивления диодов выпрямителя. Эта постоянная времени должна быть такой, чтобы в течение 100 мс напряжение на конденсаторе C_2 не изменялось более, чем на 10 %. Оптимальное значение постоянной времени разрядки 1 с. Конденсатор C_1 отделяет пиковый детектор от выхода измерительного усилителя.

За выпрямителем следует двухступенный усилитель постоянного тока на комплементарной паре транзисторов T_1 и T_2. Светодиоды $Д_6$ – $Д_{14}$ включены последовательно и питаются от источника тока на транзисторе T_3, который стабилизирует прямой ток через них. Этот ток определяет яркость свечения диодов. Смещение на базе транзистора T_3 задано резисторами R_6, R_7, а ток через диоды определяется сопротивлением резистора R_{17} в цепи эмиттера. Параллельно каждому светодиоду подключен участок коллектор-эмиттер управляющего транзистора (T_4 – T_{12}). Если этот транзистор закрыт, то весь ток протекает через светодиод и заставляет его светиться. Если же на базы этих

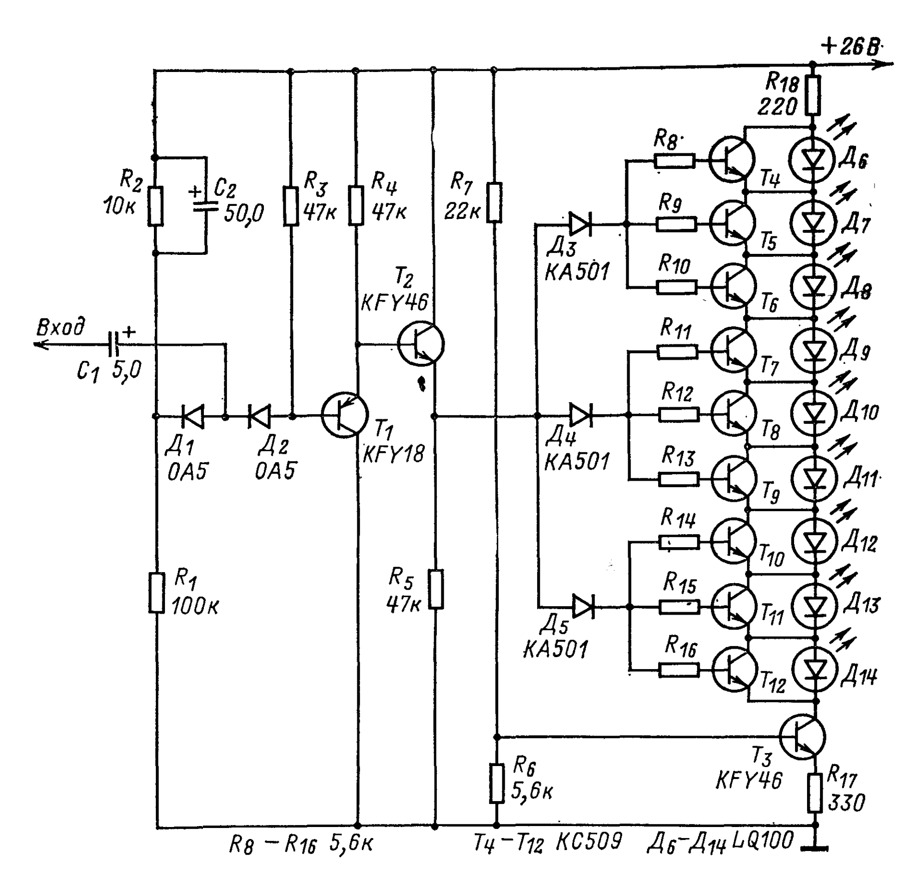


Рис. 2. Схема дешифратора индикатора.

транзисторов подать положительное напряжение, транзисторы будут один за другим открываться, шунтируя собой светодиоды, которые при этом гаснут.

При отсутствии сигнала на входе дешифратора на выходе усилителя постоянного тока (на эмиттере транзистора T_2) будет максимальное напряжение, при этом все шунтирующие транзисторы открыты. При поступлении на вход низкочастотного сигнала с достаточным уровнем постоянное напряжение на выходе усилителя постоянного тока уменьшается прямо пропорционально амплитуде этого сигнала. При этом транзисторы в цепочке $T_4 - T_{12}$ последовательно закрываются. Чем сильнее понижается напряжение на эмиттере транзистора T_2, тем большее число транзисторов цепочки закрывается, «уравновешивая» изменение этого напряжения. Диоды, оказавшиеся подключенными параллельно закрытым транзисторам, при этом начинают светиться.

Светодиод $Д_6$ индицирует минимальный измеряемый уровень, а $Д_{14}$ – максимальный. Таким образом, при подаче на вход дешифратора

низкочастотного сигнала светится ряд светодиодов, и длина этого ряда соответствует мгновенному достигнутому в данный момент уровню.

Весь интервал индикации разделен на отдельные уровни (включая нулевой уровень) и в соответствии с конкретными требованиями может быть выбран либо таким: −15 дБ; −9,5 дБ; −6 дБ; −3,5 дБ; −1,5 дБ; 0; +1,5 дБ; +12,5 дБ; +3,5 дБ, либо таким: −17 дБ; −11 дБ; −7,5 дБ; −5 дБ; −3 дБ; −1,5 дБ; 0; +1 дБ; +2 дБ.

Схема сетевого источника питания с простейшим стабилизатором и защитой от перегрузок изображена на рис. 3.

Сетевой трансформатор (на схеме не показан) должен иметь на вторичной обмотке напряжение 21 В и обеспечивать ток нагрузки около 100 мА. Транзистор T_2 размещают на теплоотводе.

Индикатор уровня со светодиодами предназначен прежде всего для контроля уровня записи в магнитофоне и может быть выполнен как в виде отдельного устройства, так и для встраивания в уже существующий магнитофон. Поэтому, как и было сказано ранее, была выбрана конструкция, состоящая из двух отдельных одинаковых по размеру (7,5 × 7,5 см) печатных плат.

Плата измерительного усилителя может быть размещена в любом месте в ящике магнитофона и даже в стереофоническом варианте занимает объем не более 0,17 дм³. Усилитель дешифратора размещен на одной плате со светодиодным табло, причем в зависимости от места установки платы светодиоды могут быть установлены осями либо перпендикулярно, либо параллельно плате. Платы соединяют двумя проводниками питания и одним сигнальным, который в большинстве случаев можно не экранировать, так как наводимая помеха по уровню всегда значительно ниже чувствительности индикатора.

Чертеж печатной платы измерительного усилителя представлен на рис. 4, а дешифратора со светодиодным табло – на рис. 5. Источник питания смонтирован тоже на печатной плате (кроме сетевого трансформатора). Чертеж этой платы показан на рис. 6. Конденсатор C_1 фильтра составлен из четырех конденсаторов емкостью по 500 мкФ.

Для налаживания и калибровки индикатора уровня потребуются следующие приборы: НЧ генератор, НЧ милливольтметр переменного напряжения, электронный вольтметр для измерения постоянного напряжения с входным сопротивлением не менее 1 МОм, осциллоскоп и лабораторный блок питания, обеспечивающий напряжение 26 В при токе 100 мА.

После контроля исправности деталей и монтажа подключают к источнику питания измерительный усилитель через миллиамперметр на 100 мА. Если потребляемый ток не превышает 30 мА, то можно приступать к налаживанию измерительного усилителя. Прежде всего надо установить симметрию выходной ступени. Для этого к выходу усилителя подключают осциллоскоп, а на вход от генератора подают сигнал частотой 1 кГц.

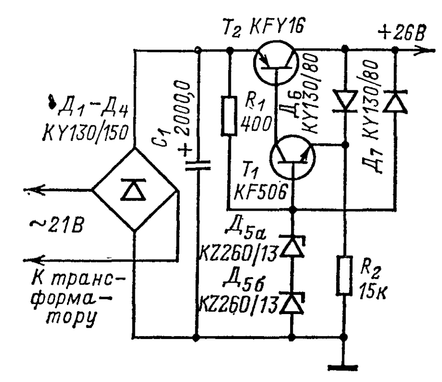


Рис. 3. Схема источника питания.

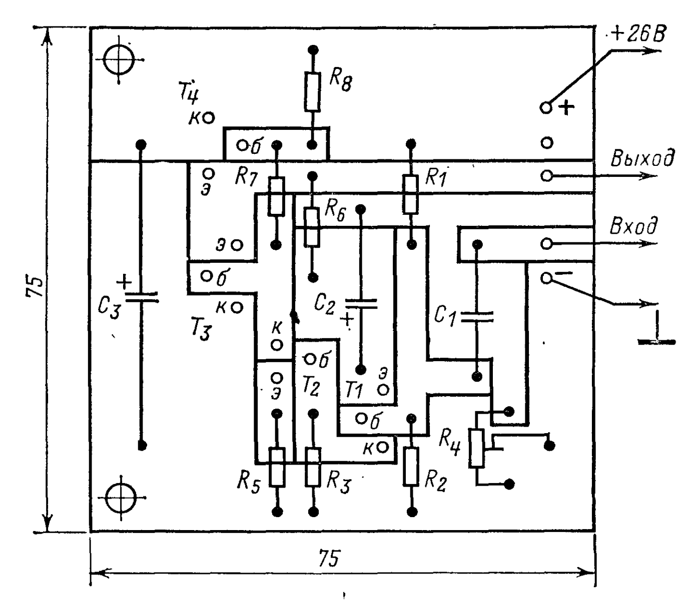


Рис. 4. Чертеж печатной платы измерительного усилителя.

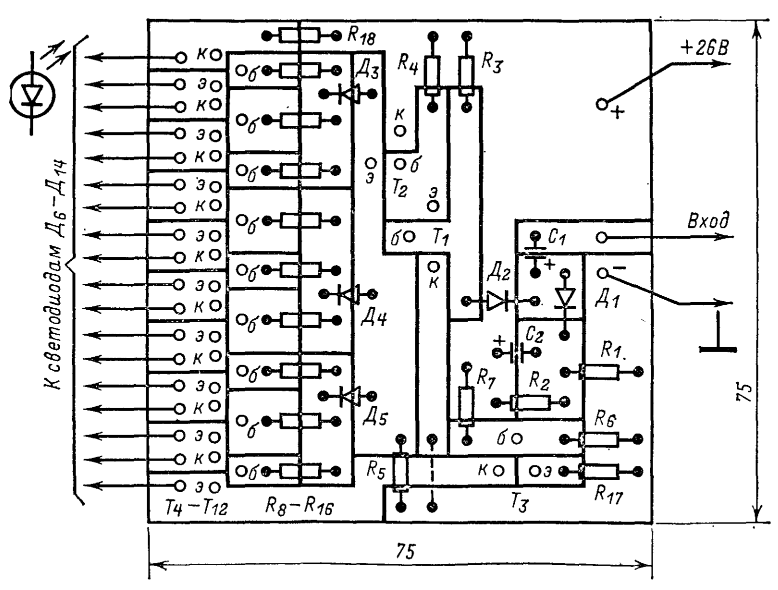


Рис. 5. Чертеж печатной платы дешифратора.

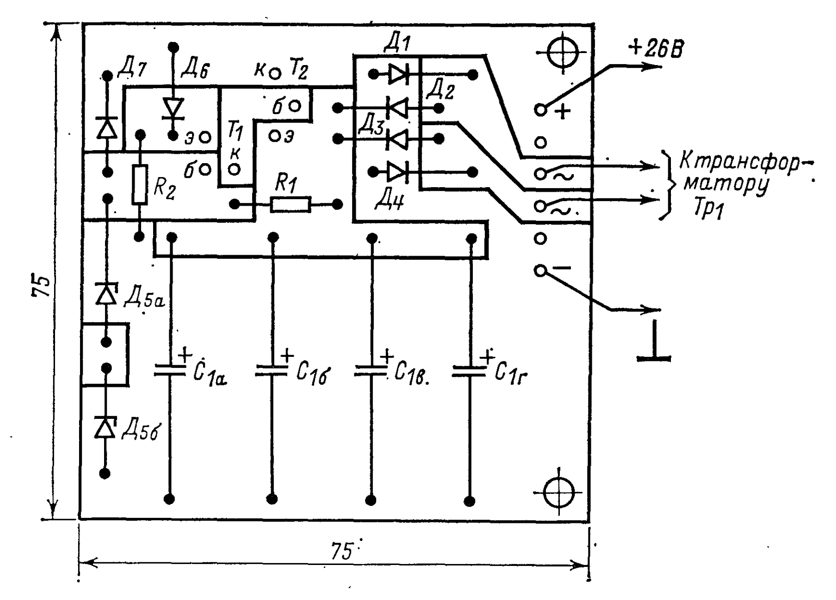


Рис. 6. Чертеж печатной платы источника питания.

Постепенно увеличивая напряжение, наблюдают за осциллограммой выходного напряжения: ограничение обеих полуволн должно быть симметричным. В противном случае симметричного ограничения добиваются подборкой резистора R_1.

В заключение устанавливают необходимое усиление и проверяют частотную характеристику, которая должна быть линейна с точностью ±1,5 дБ от 40 Гц до 16 кГц. Частотную характеристику снимают при выходном напряжении 5 В. Усиление при максимальном сопротивлении резистора R_4 должно быть не менее десяти, тогда при уменьшении сопротивления до 0,1 максимального можно получить усиление, равное 100. При этом положении движка резистора и снимают частотную характеристику усилителя.

Дешифратор налаживания практически не требует. Следует только проверить его работоспособность при отсутствии входного сигнала. После подключения питания ни один светодиод не должен светиться, а потребляемый дешифратором ток не должен превышать 30 мА. На коллекторе транзистора T_4 должно быть такое же постоянное напряжение, как и на эмиттере T_2. На конденсаторе C_2 напряжение должно быть равно 3 ± 0,5 В, а на эмиттере транзистора T_3 — 4 В.

Если режим по постоянному току не отличается от указанного, то можно приступить к калибровке индикатора в целом. Для этого платы индикатора электрически соединяют вместе и на его вход подают от звукового генератора напряжение частотой 1 кГц. Плавно увеличивают входное напряжение до момента загорания первого светодиода и измеряют при этом напряжение входного сигнала. Продолжая плавно увеличивать амплитуду входного сигнала, добиваются последовательного зажигания остальных светодиодов. Напряжение на входе при этом

должно быть на 19 дБ (или в 8,9 раза) больше, чем при первом измерении.

Теперь нужно установить необходимую чувствительность индикатора. Для этого на его вход подают напряжение, которое в нашем случае соответствует нулевому относительному уровню. Изменяя усиление, устанавливают такую чувствительность, чтобы включился светодиод, соответствующий этому уровню. Это должен быть шестой или седьмой диод от начала табло. Не меняя коэффициента передачи измерительного усилителя, снимают характеристику индикации, все время контролируя и записывая значения напряжения на входе индикатора в моменты включения каждого светодиода. Измеренные величины пересчитывают в децибелы относительно нулевого уровня и сравнивают полученные результаты с требуемыми в зависимости от выбранного ряда уровней.

Некоторые неточности в разделении интервала индикации объясняются разбросом параметров светодиодов и шунтирующих транзисторов. Шкалу индикатора оцифровывают в децибелах. Если это покажется кому-то неудобным, можно откалибровать индикатор и в процентах.

Проконтролировать временные характеристики индикатора уровня (выпрямителя) без специальной аппаратуры нельзя. Однако с достаточной для радиолюбительских целей точностью это можно сделать с помощью самодельной измерительной ленты, на которой записывают импульсные сигналы частотой 5000 Гц и длительностью 10 мс.

УДК 621.395.623.7 : 621.372.85

ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ С ЭЛЕКТРОННЫМ ФИЛЬТРОМ

М. ЛАБ (ЧССР)

В результате многолетнего общения с радиолюбителями, увлекающимися звукотехникой, автор сделал вывод, что даже наиболее грамотным из них не в полной мере ясны многие стороны процесса звуковоспроизведения. Не слишком хорошо известны, например, соотношения между импедансами систем громкоговорителей и выходными мощностями усилителей, а также устойчивостью систем к длительным нагрузкам. Не часто конструкторами обеспечивается достаточная стабильность усилителей при комплексном характере нагрузки.

Но имеется также немало радиолюбителей, которые смело пускаются в конструирование громкоговорителей, исходя при этом из весьма скромного запаса знаний в этой области. Результатом этого, как правило, бывают разочарование и недоверие к первоисточникам.

В помещенной ниже статье содержится ряд рекомендаций по конструированию и изготовлению системы громкоговорителей с электронным фильтром, обладающей хорошими качественными показателями. При этом конструкцию можно легко приспособить для работы в системе, отличной от описанной.

Система громкоговорителей бывает обычно наиболее слабым звеном при составлении тракта звуковоспроизведения. Одно из самых

основных условий успеха – выбор динамических головок – не бывает в наших условиях особенно затруднительным, поскольку их узкий ассортимент не предоставляет слишком много возможностей. Проблемы возникают при разработке фильтра, который должен обеспечить требуемые параметры системы. Параметры динамических головок обычно на разных частотах звукового диапазона не остаются постоянными. Это прежде всего касается их собственного полного сопротивления. В интервале воспроизводимых частот изменяются его действительная и мнимая составляющие. Это изменение следует весьма тщательно внести в расчет пассивного *RCL*-фильтра. Если к тому же принять во внимание, что и сам по себе фильтр нагружен по мощности, а значит, работает не совершенно линейно, и что на результирующие параметры системы громкоговорителей оказывает влияние и их фазирование, результат работы может оказаться в значительной мере делом случая, а не замысла.

В практическом конструировании к этим проблемам прибавляются затруднения и с элементной базой. Часто рекомендуемые бумажные конденсаторы при измерениях не только проявляют себя как емкость, но и обладают еще значительной индуктивностью. Таким образом, элемент оказывается, скорее, фильтром, чем конденсатором. Подобные проблемы возникают и при использовании оксидных (электролитических) конденсаторов.

В этих условиях успеха можно добиться только в случае, если рассчитанные номиналы элементов будут уточнены в процессе рабочих измерений сконструированной системы громкоговорителей. Поскольку в распоряжении радиолюбителя, как правило, нет заглушенной акустической камеры и соответствующих измерительных приборов, можно искать выход в проектировании громкоговорителя с электронными фильтрами.

При конструировании следует напомнить некоторые основные параметры громкоговорителя.

Частотная характеристика – это зависимость создаваемого громкоговорителем акустического давления от частоты при постоянной подводимой электрической мощности. Уровень давления выражается в децибелах. Эту зависимость принято измерять при подводимой мощности 1 В·А и расстоянии до измерительного микрофона 1 м. От равномерности частотной характеристики во многом зависит качество воспроизведения в прямом поле, т. е. в поле прямого сигнала, без отражения от стен помещения.

Характеристика направленности – это зависимость акустического давления от положения места прослушивания по отношению к оси системы громкоговорителей при постоянных частоте и подводимой электрической мощности. Равномерность характеристики направленности определяет величину угла, в котором будет существовать равномерное прямое поле, излучаемое громкоговорителем (рис. 1).

Мощностная характеристика – это зависимость акустической мощности от частоты при постоянной подводимой электрической мощности. По этой характеристике можно судить и о равномерности характеристик направленности во всем интервале передаваемых частот. От равномерности мощностной характеристики и акустических свойств пространства, в котором ведется прослушивание, зависит равномерность диффузного поля, т. е. энергии отраженного звука, возбуждаемого прямым звуком.

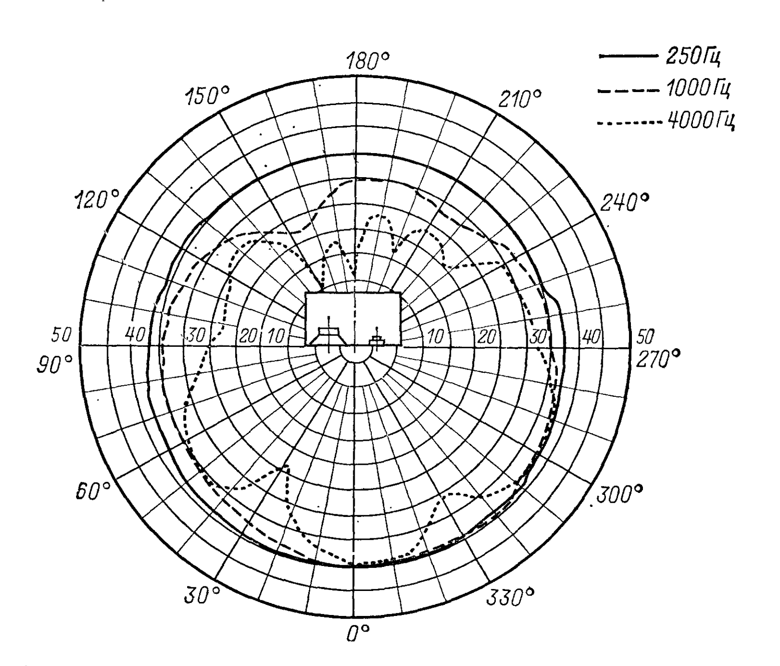


Рис. 1. Пример характеристики направленности громкоговорителя ARS811.

Чувствительность громкоговорителя — это зависимость, определяющая уровень акустического давления при нормализованной подводимой электрической мощности на данном расстоянии.

Максимальная подводимая мощность — это максимально возможная электрическая мощность, которую способен излучать громкоговоритель без повреждений. Этот параметр вместе с чувствительностью определяют величину максимального создаваемого акустического давления.

Импедансная характеристика — это зависимость полного сопротивления громкоговорителя от воспроизводимой частоты.

При проектировании и изготовлении громкоговорителя для высококачественного звуковоспроизведения (для других целей, например для озвучивания больших пространств, требуются другие качества) нужно стремиться достичь равномерности не только частотной, но и мощностной характеристики, минимальных искажений и максимального акустического давления. Импедансная характеристика должна быть возможно более равномерной с целью максимального использования мощности усилителя, а значит, достижения максимального акустического давления во всей полосе передаваемых частот.

При испытаниях электроакустических устройств было установлено, что можно достичь отдельных высоких результирующих показателей посредством взаимного комбинирования усилителей и громкоговорителей. Качественная разница нередко вызывается влиянием на усилитель со стороны подключенного к нему громкоговорителя. Как правило, степень этого влияния определяется комплексным импедансом системы.

В неблагоприятных случаях агрегат может даже самовозбудиться. Такая ситуация возникает прежде всего в высококачественных системах со сложными пассивными фильтрами (рис. 2). Поэтому в настоящее время все чаще начинают появляться громкоговорители с активными фильтрами (рис. 3). Преимущество таких фильтров — оптимально рассчитанная система усилитель—громкоговоритель, позволяющая значительно легче достигнуть высоких результирующих параметров и хорошего согласования громкоговорителя с усилителем.

Головки громкоговорителя (прежде всего низкочастотная) для своей работы требуют питания от идеального источника, т. е. от источника с минимальным внутренним сопротивлением. От этого сопротивления зависит коэффициент затухания, а значит, и верность воспроизведения переходных процессов. Так как низкочастотная головка работает с частотами как выше, так и ниже резонансной, внутреннее сопротивление источника для нее особенно критично.

Другая проблема, решаемая с помощью активного фильтра,— это возможность включения в громкоговоритель головок с различной чувствительностью или сопротивлением. Возможность такого включения при пассивном фильтре затруднена, особенно если чувствительность низкочастотной головки более высокая, чем остальных. Ее чувствительность, учитывая затухание, невозможно снизить пассивными средствами.

Новым направлением дальнейшего развития в этой области явились громкоговорители с электронными фильтрами и электромеханической обратной связью — ЭМОС (на рис. 3 эта цепь показана штриховой линией). Электромеханическая обратная связь нашла применение в НЧ головках громкоговорителей фирмы «Филипс» (рис. 4). Низкочастотная головка, как уже говорилось, работает на частотах вблизи собственного резонанса и поэтому является источником наибольших искажений. Искажения можно ограничить путем введения обратной связи между мембраной (диффузором) головки и усилителем мощности. Фирма «Филипс» осуществила воспроизведение отклонений мембраны с помощью датчика ускорения, закрепленного на звуковой катушке головки. Другие фирмы используют изменение емкости между металлизированной мембраной и размещенным над ней электродом в виде

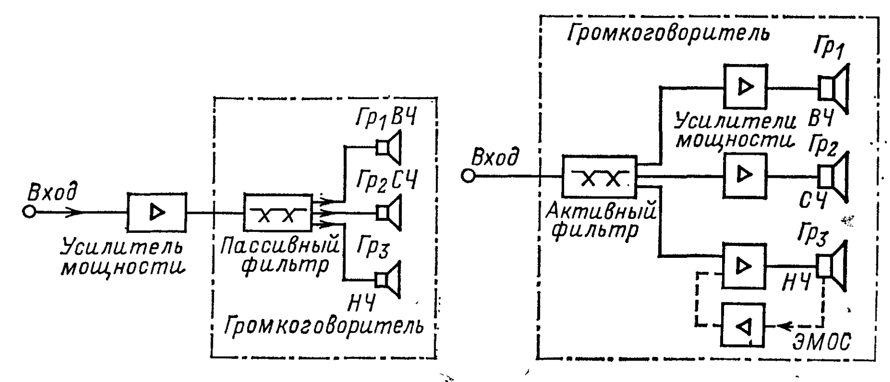


Рис. 2. Пример электроакустической цепи с пассивным фильтром.

Рис. 3. Функциональная схема громкоговорителя с активным фильтром.

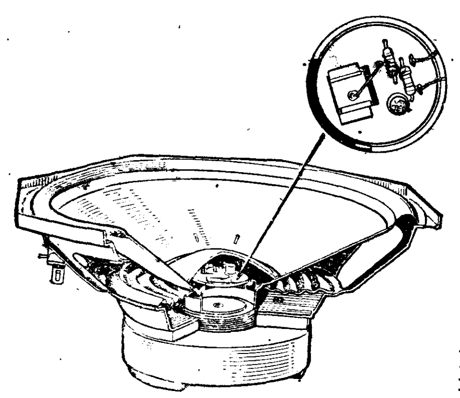
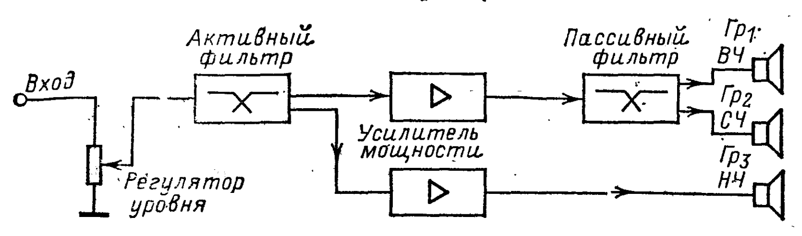


Рис. 4. Устройство НЧ головки с ЭМОС фирмы «Филипс».

Рис. 5. Функциональная схема громкоговорителя с активным и пассивным фильтрами.



сетки. Результирующим эффектом ЭМОС явилось улучшение воспроизведения низших частот при использовании головок с малым диаметром диффузора и в громкоговорителе с малым объемом при сохранении приемлемого уровня искажений.

Выравнивание частотной характеристики в низкочастотной части полосы частот ограничено, однако, при высших уровнях акустического давления. Коэффициент полезного действия головки при этом нельзя изменить даже с помощью обратной связи.

Электромеханическую обратную связь начинают применять также в головках среднечастотных и даже высокочастотных с целью улучшения параметров передачи головок, прежде всего воспроизведения импульсных сигналов.

Как следует из сказанного выше и сравнения различных показателей, проектирование громкоговорителя с электронным фильтром сравнительно проще, чем с пассивным, и качественные характеристики получаются более высокими. Недостатком же такого громкоговорителя является несколько более дорогая электронная часть устройства.

В целях достижения компромиссного соотношения между качеством и стоимостью была спроектирована трехканальная система с активным двуполосным фильтром, функциональная схема которой показана на рис. 5. Один канал предназначен для отдельного питания НЧ головки, другой канал с собственным усилителем мощности питает СЧ и ВЧ головки, причем частотное разделение каналов для этих головок ведет пассивный фильтр. Отдельный мощный усилитель для НЧ головки обеспечивает минимальное внутреннее сопротивление источника, а значит, и оптимальное затухание ее подвижной системы, и, в конечном итоге, стабильность усилителя. Ко второму каналу предъявляются

большие требования не столько со стороны внутреннего сопротивления, сколько к уровню искажений на верхнем участке полосы.

Внутренний объем громкоговорителя выбран равным примерно 30 литрам с отдельным пространством, в котором размещен электронный блок. Из НЧ головок выбрана головка ARN665, для средних частот использована головка с круглым диффузором ARO667, которая обеспечивает минимальные искажения и при больших уровнях акустического давления. Для работы на высших частотах использована эллиптическая головка с закрытым диффузором ARV081. Она удобна прежде всего благодаря своему направленному действию и удовлетворительной чувствительности, а также способности выдерживать длительные нагрузки.

Электронный блок состоит из активного фильтра, разделяющего полосу частот на два канала, двух мощных усилителей, пассивного фильтра и блока питания. Активный фильтр, использованный в системе, двуполосный, поэтому достаточно обеспечить точное разделение частот и эффективное подавление частот за пределами граничной (не менее 12 дБ/октаву). Схема фильтра и входного предусилителя приведена на рис. 6.

На входе фильтра включена усилительная ступень с малым усилением и малым выходным сопротивлением. Она собрана на транзисторе T_1 по схеме с общим эмиттером. Усиление по переменному току ограничено отрицательной обратной связью (резистор R_5). Конденсатор C_3 (а также и C_4) ограничивает верхнюю усиливаемую частоту, повышая этим стабильность работы ступени.

Трехзвенный фильтр нижних частот собран на транзисторе T_2, включенном эмиттерным повторителем. Резисторы R_6, R_7, R_8 и конденсаторы C_5, C_6, C_7 определяют верхнюю частоту $f_в$ диапазона. Два

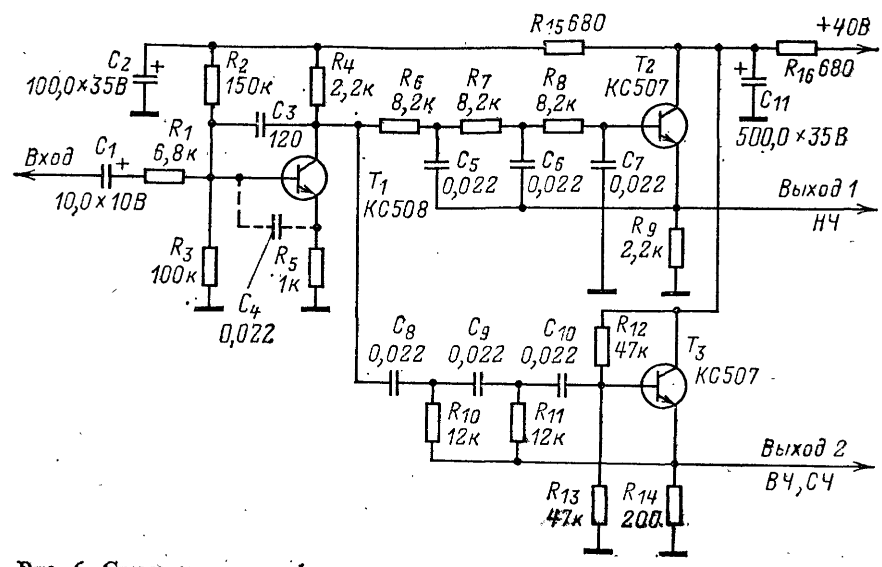


Рис. 6. Схема активного фильтра.

RC-звена включены в цепь обратной связи. Частота при неравномерности 3 дБ определяется формулой

$$f_в = 1/2\pi RC,$$

где $R = R_6 = R_7 = R_8$ и $C = C_5 = C_6 = C_7$.

Фильтр, пропускающий высокие частоты, собран на транзисторе T_3. Нижняя частота полосы пропускания задана тремя RC-звеньями. Так же как и в высокочастотном фильтре,

$$f_н = 1/2\pi RC,$$

где $R = R_{10} = R_{11} = \frac{R_{12}R_{13}}{R_{12} + R_{13}}$ и $C = C_8 = C_9 = C_{10}$.

Этот фильтр обеспечивает даже с неточно подобранными деталями удовлетворительное разделение каналов с достаточной крутизной характеристики. Подбором деталей можно добиться требуемой крутизны или точной установки частоты разделения каналов, а также хорошей фазовой характеристики.

Выходную мощность общего усилителя средне- и высокочастотного каналов разделяют для отдельных головок пассивные цепи, составленные из обычных LC-фильтров, включенных параллельно (рис. 7). Для питания среднечастотной головки частотный интервал сверху ограничен LC-фильтром L_1C_3 с крутизной 12 дБ/октаву, а уровень сигнала снижен резистором R_2, включенным последовательно с головкой. Резистор R_1, включенный параллельно с LC-фильтром, выравнивает результирующую частотную характеристику. Резистор R_2, включенный между фильтром и головкой, должен препятствовать случайному изменению уровня высоких частот, вызванному различной чувствительностью головок.

Фильтр для ВЧ головки имеет крутизну 18 дБ/октаву. Использование фильтра с большей крутизной было обусловлено конкретными параметрами использованной головки. Она имеет закрытый диффузородержатель с малым объемом и поэтому обладает четко выраженным высоко расположенным (около 1 кГц) собственным резонансом. Для получения неискаженного воспроизведения этот резонанс необходимо подавить.

Все использованные в фильтре конденсаторы составлены из нескольких конденсаторов меньшей емкости. Поэтому можно легко изменять граничные частоты отдельных каналов. Катушки L_1 и L_2 — бескаркасные, без сердечника. Этим исключаются искажения, вызываемые насыщением сердечника катушки при больших мощностях. Обе катушки имеют внутренний диаметр 25 мм (диаметр оправки) и длину намотки 35 мм. После намотки катушки следует или обмотать лакотканью, или пропитать клеем БФ-2.

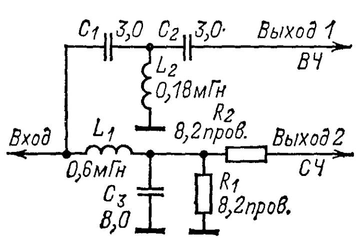


Рис. 7. Схема пассивного фильтра.

Частотная граница разделения каналов не может быть случайной. Каждая головка сконструирована таким образом, что может высококачественно воспроизводить лишь относительно узкую полосу частот. Поэтому при проектировании громкоговорителя выбор головок определяет и число каналов,

на которые нужно будет разделить весь частотный интервал воспроизведения.

Завод-изготовитель рекомендует для головки ARN665 применять замкнутый акустический отражатель с максимальным объемом 30 литров. При большем объеме отражателя уровень передачи низших частот уменьшается слишком сильно за счет меньшей нагрузки диффузора и возрастают нелинейные искажения, обусловленные большими амплитудами колебания диффузора. Частотная характеристика этой головки в акустическом отражателе рекомендуемого объема равномерна до частоты 500 Гц, а затем звуковое давление по оси головки возрастет. При измерении мощностной характеристики видно, что при этой же частоте начинается ее ярко выраженное понижение. Такая нелинейность обусловлена ограниченной жесткостью диффузора, благодаря чему головка излучает более высокие частоты только в узком угловом пространстве, а не всей поверхностью диффузора. В силу этого выгодно использовать НЧ головку только для передачи низших частот.

Выбор головки для верхней части полосы передачи обусловлен прежде всего требованиями к ее направленности излучения, равномерности частотной характеристики и нагрузочной способности (способности выдерживать длительные нагрузки). При измерениях ВЧ головки ARV081 оказалось, что ее частотная характеристика относительно равномерна начиная от частоты 2 кГц; на частоте 1000—1500 Гц существует четко выраженный резонанс, а на частотах ниже резонанса наступает резкое понижение чувствительности.

Так как работа головки на частотах, близких к резонансу и ниже, нежелательна, принято разделение каналов ВЧ и СЧ на частоте около 4—5 кГц. Более высокая частота разделения была бы неоптимальной, так как полоса для СЧ головки оказалась бы слишком широкой. Частота разделения не слишком удалена от резонансной частоты, но выбранную крутизну фильтрации можно считать вполне достаточной.

Третья головка, которая перекрывает оставшуюся полосу частот, должна иметь равномерную частотную характеристику и характеристику направленности, а также малые искажения и при более высоких акустических давлениях. Чтобы на работу этой головки не оказывали влияния колебания воздуха, создаваемые НЧ головкой и не уменьшалась нагрузка НЧ головки из-за недостаточной упругости диффузора СЧ головки, следует последнюю закрыть изнутри громкоговорителя дюралюминиевым кожухом. Разделительная частота между НЧ и СЧ полосами приблизительно равна 600 Гц, поэтому объем необходимого пространства за СЧ головкой должен быть около 2 л. Это пространство нужно заполнить звукопоглощающим материалом (*Itaver* или *Rotaflex*). Заполнитель ни в коем случае не должен соприкасаться с диффузором. Чтобы СЧ головка не работала на частотах ВЧ канала, что привело бы к нежелательной интерференции, отрицательно влияющей на характеристики направленности и уровень искажений, рабочая полоса частот СЧ канала ограничена сверху на уровне 5 кГц.

Характеристики использованных головок сведены в таблицу.

Элементы активного и пассивного фильтров размещены на общей печатной плате (рис. 8). Катушки прикреплены к печатной плате тремя скобами каждая. Скобы согнуты из медной проволоки диаметром 1 мм и впаяны в плату (для этого предусмотрено шесть

Основные характеристики головок

Параметры	ARN665	ARO667	ARV081
Размер диффузора, мм	⌀203	⌀203	75 × 50
Сопротивление, Ом	4	4	5
Номинальная мощность, В·А	10	5	2
Собственная резонансная частота, Гц	28	60–90	–
Воспроизводимая полоса частот, Гц	28–5000	60–10 000	1000–16 000
Чувствительность (при выходной мощности 1 В·А), дБ	87	95	90

пар печатных площадок с отверстиями). Колодка выходного разъема пассивного фильтра установлена на кронштейне, прикрепленном к плате.

По ряду соображений с описываемой системой хорошо согласуется оконечная стереофоническая ступень усилителя TW40B «Юниор», изготавливаемого предприятием «Электроника» Союза содействия армии. Эта ступень подходит не только по своим параметрам, но

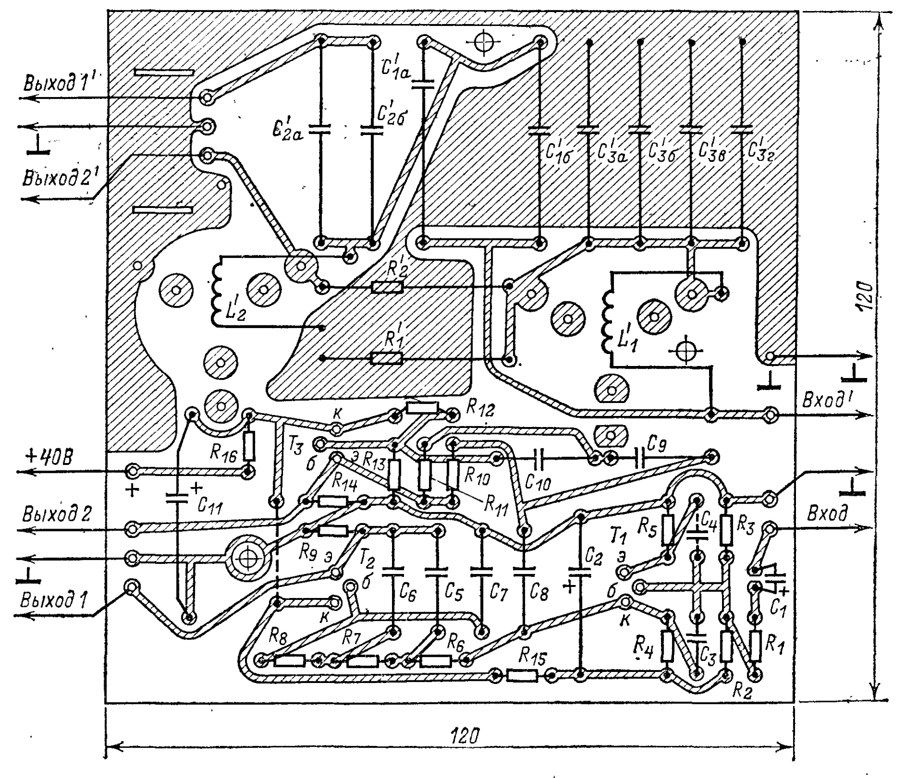


Рис. 8. Чертеж печатной платы активного и пассивного фильтров (штрихами помечены элементы пассивного фильтра).

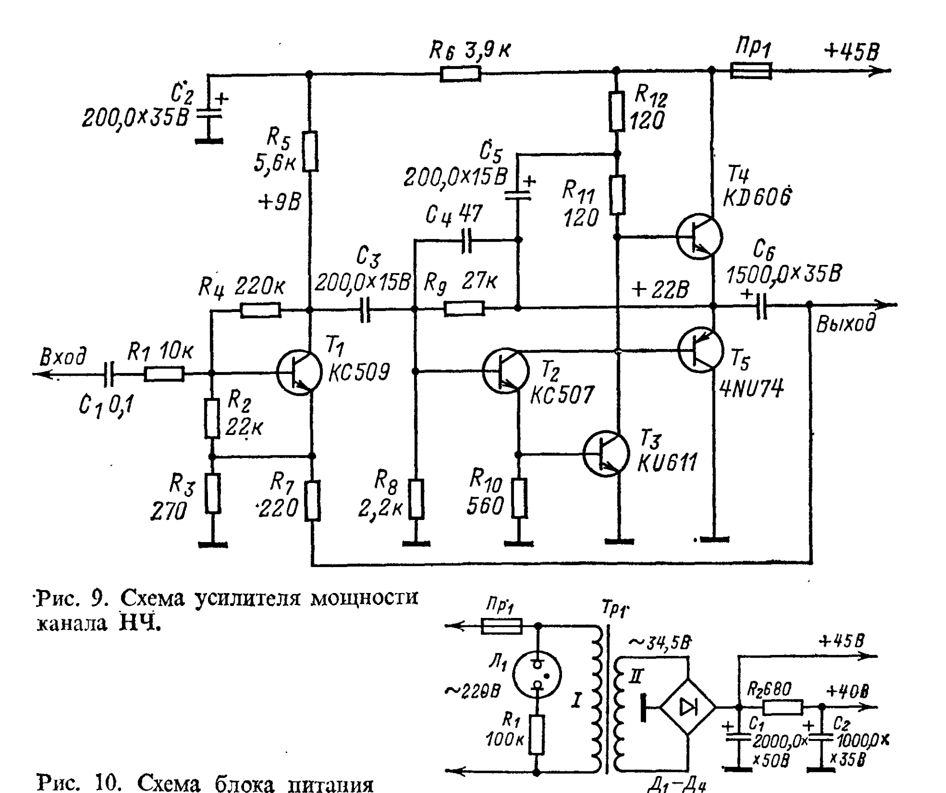


Рис. 9. Схема усилителя мощности канала НЧ.

Рис. 10. Схема блока питания системы.

и по исполнению, что дает возможность использовать ее с минимальными переделками. Другим преимуществом этой конструкции является то, что ее узлы изготовлены и скомплектованы с учетом сборки этих усилителей в любительских условиях.

Схема усилителя мощности канала НЧ изображена на рис. 9. Никаких схематехнических изменений в усилителе не было сделано. Изменены лишь номиналы некоторых деталей с целью получения минимальных искажений за счет незначительного снижения выходной мощности. Уровень мощного выходного сигнала по отдельным полосам в цепях предварительного усиления не регулируется; усиление можно изменять подбором лишь параметров цепей обратной связи в усилителях мощности. Такой способ регулирования усиления также способствует уменьшению искажений.

Емкость выходного конденсатора связи C_6 увеличена до 1500 мкФ, что снижает искажения на низших частотах.

Второй усилитель (СЧ, ВЧ) отличается только номиналами резистора R_7 (150 Ом) и конденсатора C_6 (500 мкФ). Здесь емкость конденсатора C_6 связи, наоборот, уменьшена до 500 мкФ. Этого, во-первых, вполне достаточно для пропускания всех частот канала вплоть до самой нижней, а, во-вторых, это несколько повысит устойчивость работы усилителя.

Усиление в обоих усилителях устанавливают подбором резистора R_7. Коэффициент усиления определяется отношением сопротивлений резисторов в петле обратной связи:

$$K_у = (R_7 + R_3)/R_3.$$

Так как сопротивление резистора R_3 много меньше, чем R_7, вполне можно считать, что

$$K_у = R_7/R_3.$$

Блок питания не подвергался никаким изменениям. Его схема изображена на рис. 10.

Конструктивное расположение на печатной плате оконечных ступеней и блока питания также не изменено, только несколько уменьшены размеры теплоотвода и просверлено одно отверстие диаметром 4,3 мм. Чертеж платы показан на рис. 11.

Мощные транзисторы установлены на теплоотводе в виде отрезка дюралюминиевого уголка 30 × 60, прикрепленного к плате. Под них подложены слюдяные изоляционные прокладки. На теплоотводе смонтирован и сетевой трансформатор. Плата фильтров укреплена над платой усилителей на трех резьбовых шпильках. На рис. 12 показаны смонтированные платы усилителей и фильтров.

К свободной полке теплоотвода прикреплена лицевая панель устройства, изготовленная из дюралюминия толщиной 3 мм. На ней смонтированы разъем сетевого ввода, патрон контрольной неоновой лампы, сетевой выключатель, регулятор уровня и входной разъем.

Выход усилителя мощности канала НЧ подключают к колодке разъема, смонтированной на плате фильтров.

Сетевой трансформатор $Тр_1$ намотан на магнитопроводе сечением 28 × 36 мм из трансформаторной стали. Первичная обмотка состоит из 1030 витков провода ПЭВ-2 0,35. Вторичная обмотка содержит 165 витков провода ПЭВ-2 1,0. Ток холостого хода трансформатора составляет примерно 60 мА.

Налаживание, как и всегда, начинают с проверки блока питания. Это удобнее всего делать, когда плата фильтра еще не присоединена к плате усилителей. Вынимают предохранители усилителей и включают между выводом +30 В и общим проводом резистор сопротивлением 680 Ом, 0,5 Вт. Включают блок питания и измеряют напряжение на конденсаторе C_1. Если вольтметр показывает напряжение 45—49 В, блок питания можно считать работоспособным. В том случае, когда работа трансформатора сопровождается гудением, нужно либо подтянуть стягивающие винты либо, лучше, пропитать магнитопровод жидким синтетическим лаком. Эту операцию проводят при ослабленных стягивающих винтах, чтобы лак затекал между пластинами, а затем винты стягивают.

Далее налаживают оконечные ступени усилителей мощности. Для этого удобнее всего питать усилители от блока питания с электронной защитой от перегрузок. Если такого блока нет, подключают имеющийся блок питания через регулировочный автотрансформатор. Постепенно повышая сетевое напряжение от самого малого и постоянно контролируя потребляемый мощными усилителями ток, прове-

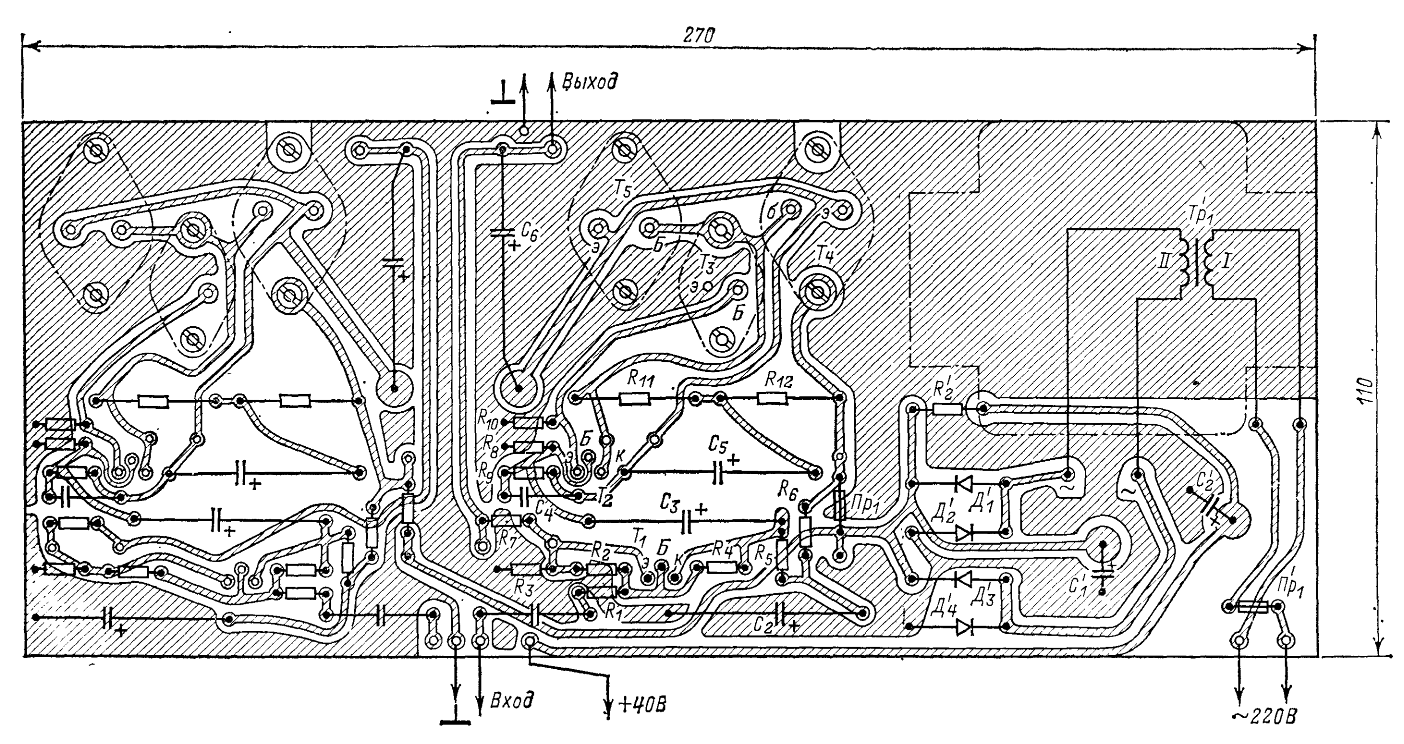


Рис. 11. Чертеж печатной платы усилителей мощности и блока питания (обозначены детали только одного усилителя; детали блока питания помечены штрихами).

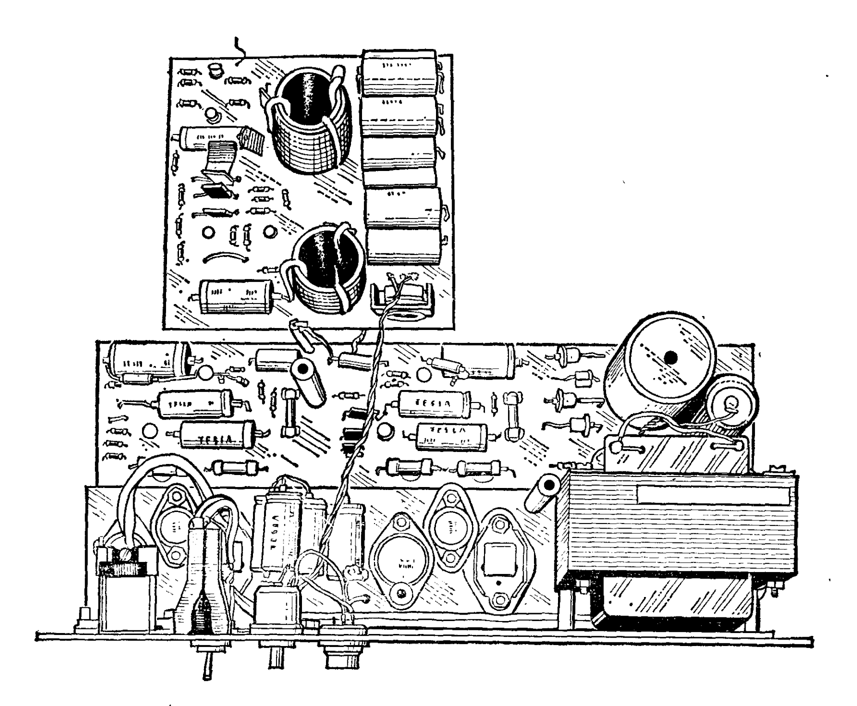


Рис. 12. Платы электронного блока в сборе (вид сверху; плата фильтров откинута).

ряют их работоспособность. Это позволит уберечь от повреждения дорогостоящие детали в случае какой-либо неисправности или ошибок в сборке. При номинальном напряжении питания ток покоя (без сигнала на входе) оконечной ступени должен быть меньше 170 мА.

Таким же образом проверяют и второй канал. Далее измеряют режим транзисторов по постоянному току в канале НЧ. Если эти напряжения не отличаются от указанных на схеме более чем на ±20 %, приступают к измерениям параметров усилителей. К входу усилителя канала НЧ подключают звуковой генератор, а к выходу — нагрузочную колодку. Нагрузочная колодка представляет собой штыревую ответную часть разъема, установленного на плате фильтров. Этот разъем предназначен для подключения головок громкоговорителя. К выводам колодки припаивают три резистора, которые будут служить эквивалентом нагрузки. Нагрузкой канала НЧ должен быть резистор сопротивлением 4,7 Ом, мощностью 10 Вт, остальные каналы нагружают резисторами такого же сопротивления, мощностью 6 Вт. Параллельно резистору канала НЧ подключают низкочастотный вольтметр и осциллоскоп. При замкнутом входе усилителя вольтметр не должен показывать напряжение более 300 мкВ — это напряжение помех, преимущественно фон от сети. Увеличивают напряжение входного сигнала, и как только оно достигнет 750 мВ, синусоида на экране осциллоскопа должна начать симметрично ограничиваться.

Канал СЧ – ВЧ настраивают аналогично, но ограничение выходного сигнала должно наступать при увеличении входного напряжения сверх 500 мВ.

Соединяют электрически платы системы, включают в плюсовую цепь питания миллиамперметр постоянного тока и включают устройство в сеть. Если ток, потребляемый активным фильтром, не превышает 18–20 мА, миллиамперметр можно отключить.

Для измерений параметров пассивного фильтра к нагрузочному резистору одного из его выходов подключают низкочастотный вольтметр, а параллельно ему – осциллоскоп. К входу системы подключают звуковой генератор. Результирующие частотные характеристики всех трех каналов должны соответствовать показанным на рис. 13. Так как нагрузочные резисторы при работе могут сильно нагреваться, рекомендуется производить измерения выходных характеристик при 0,1 выходной мощности. Если результаты всех измерений соответствуют приведенным выше требованиям, фильтр готов к встраиванию его в ящик громкоговорителя.

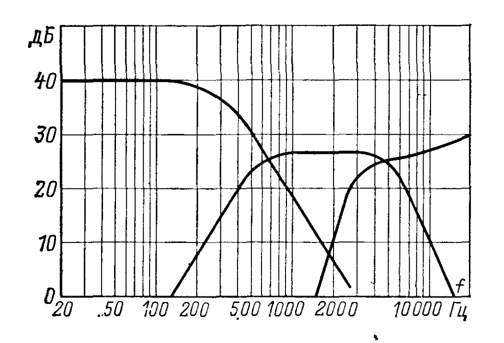
Акустический отражатель (панель, на которой установлены головки) должен быть жестким и упругим, но не должен иметь склонности к собственным резонансам. Этим условиям наилучшим образом удовлетворяет древесностружечная плита (ДСП) толщиной 18–20 мм. Ящик громкоговорителя выполнен из такой же плиты как одно целое с акустическим отражателем. Сзади ящик закрывают съемной панелью и прикрепляют десятью шурупами диаметром 5 и длиной 40 мм с потайной головкой. Среднечастотная головка закрыта изнутри дюралюминиевым колпаком. Колпак вместе со звукопоглощающим материалом монтируют в ящик с наружной стороны, затем в колпак вставляют головку и крепят весь пакет снаружи к ящику громкоговорителя. Снизу в ящике сделан отсек высотой 90 мм для размещения электронного блока. Форма и размеры ящика громкоговорителя показаны на рис. 14. Вид громкоговорителя спереди (защитная сетка снята) показан на рис. 15.

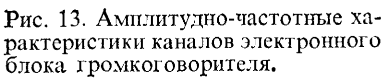
Высокочастотная головка имеет закрытый сзади диффузор, поэтому ее удобно разместить на кронштейне перед СЧ головкой. Таким образом легко обеспечиваются соосность обеих головок и минимальное изменение частотных характеристик в зоне верхней разделительной частоты.

Низкочастотная головка закреплена на акустической панели также с наружной стороны. Внутренний объем ящика заполнен 150 г звукопоглощающего материала Itaver или Rotaflex. Перед тем как окончательно смонтировать все головки, следует подвести к ним провода и смонтировать их на колодке разъема согласно схеме, показанной на рис. 16. Колодку выводят в нижний отсек ящика. Гнездовая часть разъема также должна быть распаяна соответствующим образом.

Заключительным этапом изготовления ящика является герметизация всех отверстий и швов как в местах крепления колпака, перегородок и других деталей, так и в местах вывода соединительных проводов. Для герметизации лучше всего подходит шпаклевка Colorplast.

Декоративная сетка, закрывающая ящик спереди, натянута на съемную деревянную рамку. Рамка фиксируется в ящике четырьмя защелками, прикрепленными по углам. Ящик снаружи нужно фане-




Рис. 13. Амплитудно-частотные характеристики каналов электронного блока громкоговорителя.

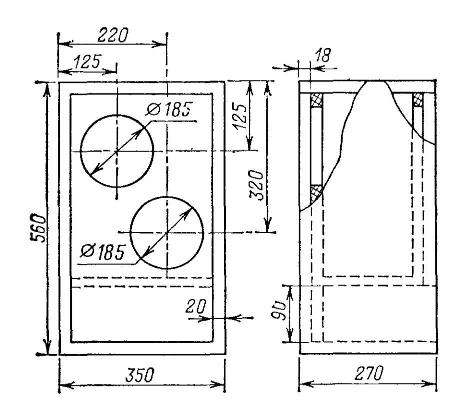
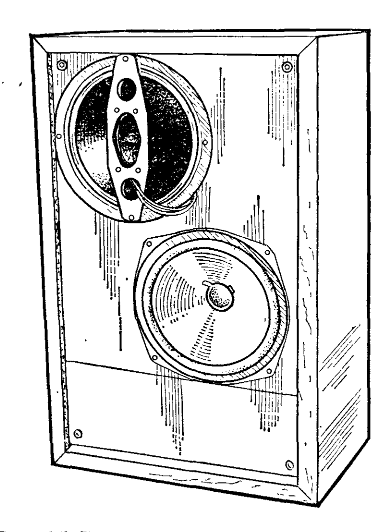


Рис. 14. Основные размеры ящика громкоговорителя.


Рис. 15. Вид спереди громкоговорителя без защитной сетки.

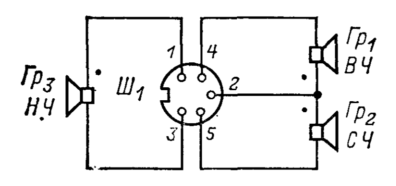
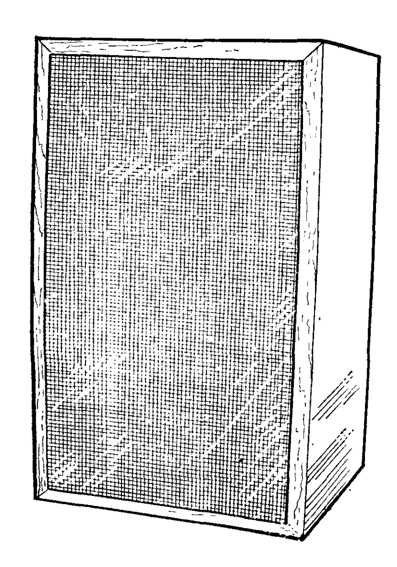


Рис. 16. Схема подключения головок к разъемам.


Рис. 17. Внешний вид громкоговорителя.

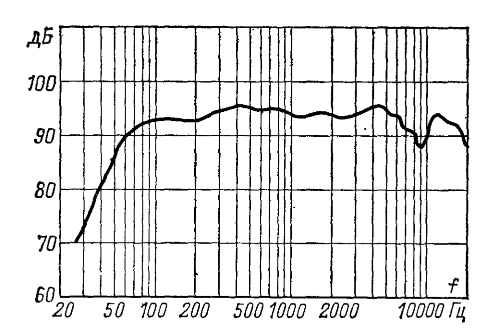


Рис. 18. Амплитудно-частотная характеристика громкоговорителя по звуковому давлению.

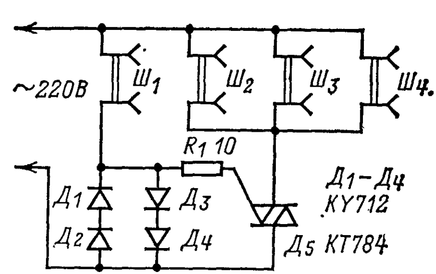


Рис. 19. Схема автоматического включателя нагрузок.

ровать или оклеить декоративной пленкой. Внешний вид готового громкоговорителя показан на рис. 17.

Электронный блок устанавливают в нижний отсек ящика громкоговорителя, фиксируют его и соединяют разъем питания нагрузки.

В заключение проводят испытания полностью собранного громкоговорителя. Полученная частотная характеристика (снятая в акустической камере на расстоянии 1 м от измерительного микрофона при входном напряжении 0,35 В) представлена на рис. 18. При максимально допустимом входном уровне акустическое давление системы достигает 103 дБ. При акустическом давлении 100 дБ коэффициент гармонических искажений на частотах от минимальной до 300 Гц менее 4%, на более высоких частотах – менее 2%.

Если описанные громкоговорители предполагается эксплуатировать с проигрывателем грампластинок, то для подключения всего комплекса к сети потребуется сетевой удлинитель на четыре розетки (два громкоговорителя, усилитель и проигрыватель). Для того чтобы было удобнее включать весь комплект аппаратуры, в корпус удлинителя целесообразно встроить простой автоматический сетевой выключатель, схема которого показана на рис. 19. При включении одного прибора это устройство автоматически включит остальные.

Как только будет включена в сеть нагрузка, подключенная к розетке $Ш_1$, на диодах $Д_1 - Д_4$ появится падение напряжения, достаточное для открывания симистора $Д_5$. Он откроется и подключит к сети остальные нагрузки, вилки которых вставлены в розетки $Ш_2 - Ш_4$. Обычно удлинители выполняют в виде продолговатой коробки с розетками. Внутри такой коробки всегда найдется место для монтажа четырех диодов, резистора и симистора. Число розеток в цепи симистора может быть любым, важно только, чтобы общий ток через симистор не превышал допустимого значения. Ток нагрузки, подключенной к розетке $Ш_1$, тоже не должен превышать допустимого для диодов $Д_1 - Д_4$ значения.

УДК 681.843.087.7

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОФОН

Ю. КРАСОВ, В. ЧЕРКУНОВ (СССР)

Описываемый ниже электрофон, предназначенный для высококачественного воспроизведения грамзаписи, состоит из трех самостоятельных блоков: стереофонического усилителя низкой частоты, электропроигрывателя и акустической системы, состоящей из двух громкоговорителей. Такое блочное построение электрофона облегчает его изготовление и налаживание, а также дает возможность использовать блоки совместно с другой аппаратурой. Электрофон изготовлен в основном из доступных деталей. На 26-й Всесоюзной выставке радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ он был удостоен специального приза Государственного Комитета Совета Министров СССР по телевидению и радиовещанию.

Усилитель НЧ электрофона обладает следующими характеристиками:

Полоса рабочих частот при неравномерности ±1 дБ, Гц	15 – 30 000
Номинальная выходная мощность при коэффициенте нелинейных искажений 1 %, Вт	2 × 30
Коэффициент нелинейных искажений в полосе рабочих частот, %	1
Коэффициент интермодуляционных искажений при номинальной мощности, %	0,8
Отношение сигнал/шум, дБ	75
Глубина регулирования тембра, дБ:	
на частоте 40 Гц	±15
на частоте 15 кГц	±15
Отклонение фактических кривых тонкомпенсации регулятора громкости от идеальных, не более, %	15
Чувствительность обоих входов, мВ	250
Входное сопротивление обоих входов, кОм	300
Номинальное сопротивление нагрузки, Ом	3 ± 0,5
Переходное затухание между стереоканалами, дБ:	
на частоте 1 кГц	40
на частоте 10 кГц	30
Глубина регулирования стереобаланса, дБ	±6
Мощность, потребляемая от сети при номинальной выходной мощности, Вт	180
Коэффициент демпфирования	20

Схема усилителя (одного канала) изображена на рис. 1. Качество работы любого усилителя в значительной мере зависит от характеристик его входной ступени, в частности от уровней шума и искажений. Входная ступень описываемого усилителя собрана по схеме эмиттерного повторителя на составном транзисторе $T_1 - T_2$. Это позволило получить достаточно высокое входное сопротивление при очень малом уровне шума. Коэффициент передачи ступени близок к единице. Низкое выходное сопротивление первой ступени усилителя дает возможность хорошо согласовать ее с регуляторами тембра, что, в свою очередь, определяет широкие пределы изменения

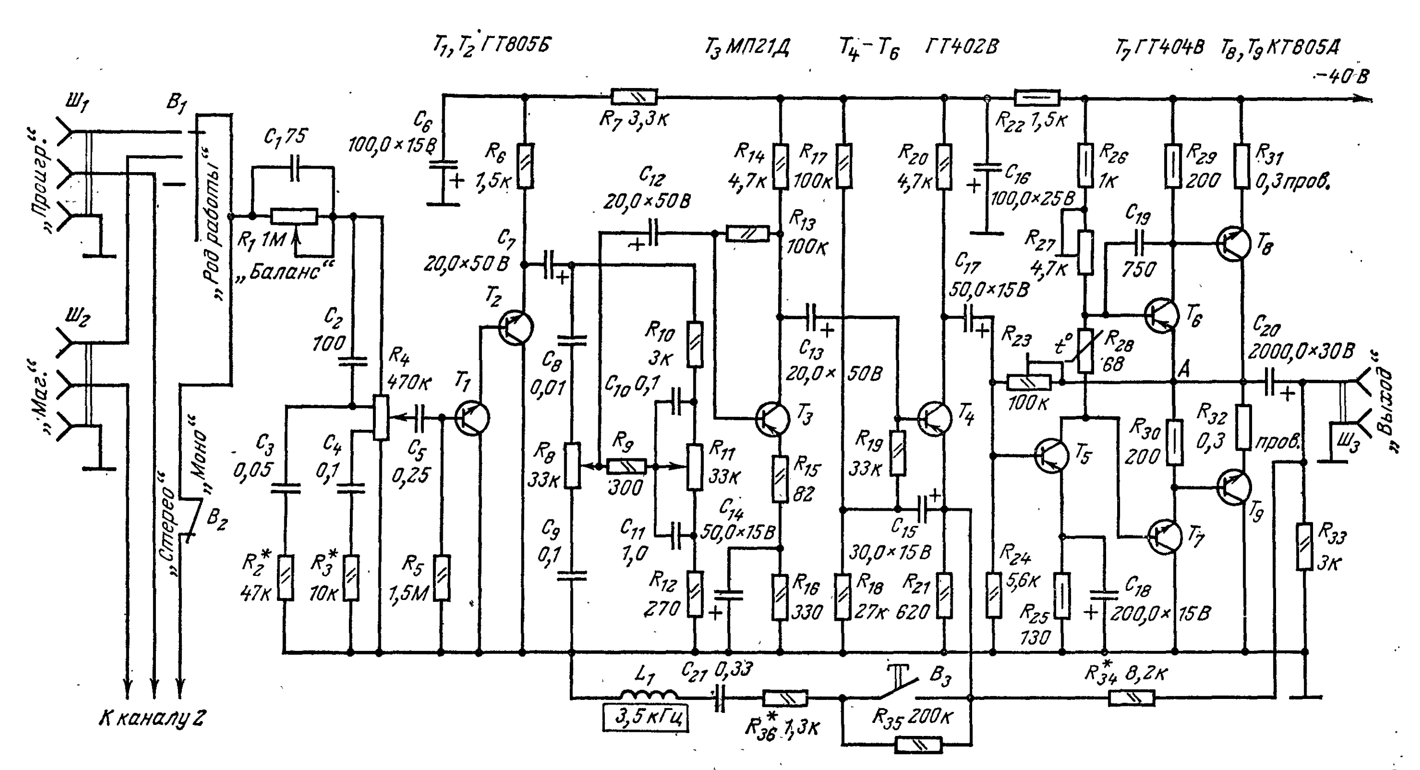


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя.

частотной характеристики. Регулятор громкости — тонкомпенсированный. В нем использован сдвоенный переменный резистор R_4 с двумя отводами. На входе первой ступени установлен регулятор стереобаланса R_1. Он построен по принципу введения в цепь сигнала дополнительного затухания. Конденсатор C_1 компенсирует некоторый спад высших частот в правом (по схеме) положении движка резистора R_1.

Регулятор тембра собран по схеме частотно-зависимого делителя напряжения. В верхнем положении движков сдвоенных переменных резисторов R_8 и R_{11} он обеспечивает подъем характеристики на 15 дБ на частотах 40 Гц и 15 кГц относительно уровня на частоте 1 кГц. Такая глубина регулирования вполне достаточна, если усилитель нагружен широкополосными громкоговорителями. Смещение на базу транзистора T_3 второй ступени поступает с его коллектора. Такой способ несколько снижает входное сопротивление ступени, однако позволяет охватить ее петлей отрицательной обратной связи и тем самым снизить искажения.

Третья ступень, собранная на транзисторе T_4, служит для согласования относительно высокого выходного сопротивления второй ступени с низким входным сопротивлением оконечного усилителя. Эта ступень имеет входное сопротивление 15–20 кОм и дает возможность охватить оконечный усилитель отрицательной обратной связью достаточной глубины для снижения искажений, возникающих в оконечном усилителе.

Оконечный усилитель собран на транзисторах $T_5 - T_9$ по схеме с квазикомплементарной оконечной ступенью. Такому усилителю присущи некоторые недостатки, основным из которых является разница входных сопротивлений при положительной и отрицательной полуволнах входного сигнала. Однако, несмотря на это, усилитель дает возможность получить уровень нелинейных искажений не более 1 %, а по простоте исполнения выгодно отличается от других известных оконечных усилителей, например от усилителя с балансным дифференциальным предусилителем.

Транзисторы предоконечной ступени комплементарны. Резисторы R_{31} и R_{32} в цепях эмиттеров оконечных транзисторов ограничивают токи при слишком больших управляющих сигналах. Конденсатор C_{19} предотвращает самовозбуждение усилителя на ультразвуковых частотах. В цепь коллектора транзистора T_5 включен терморезистор R_{28}. Падающее на нем напряжение служит напряжением смещения для транзисторов верхнего и нижнего плеч двух последних ступеней и определяет режим их работы, близкий к режиму АБ. Начальное смещение позволяет уменьшить искажения типа «ступенька», кроме того, терморезистор R_{28} в некотором интервале температуры работает как стабилизатор начального тока оконечных транзисторов при изменении температуры окружающей среды.

В цепь главной петли обратной связи, сигнал которой снимается с разделительного конденсатора C_{20}, параллельно резистору R_{21} включен контур L_1C_{21}, настроенный на частоту 3,5 кГц. Включение этого контура увеличивает усиление на этой частоте примерно на 6 дБ. Кнопка B_3 включения контура позволяет реализовать так называемый «эффект присутствия». Замыкание ее контактов создает слуховой эффект приближения, например солиста к слушателю. Введение обратной связи позволяет помимо снижения нелинейных иска-

жений снизить выходное сопротивление усилителя. Малое выходное сопротивление шунтирует звуковую катушку низкочастотной головки громкоговорителя, улучшая тем самым ее переходную характеристику и притупляя резонансный пик на частоте собственного резонанса.

Схема блока питания усилителя представлена на рис. 2. Блок собран по схеме компенсационного последовательного стабилизатора. Это позволяет получить низкое выходное сопротивление блока питания, а значит, и более широкую рабочую полосу частот усилителя, жестко стабилизировать рабочую точку транзисторов предоконечной ступени, уменьшить коэффициент фона переменного тока.

Стабилизированное выходное напряжение блока устанавливают переменным резистором R_7. Резистор R_1 необходим для ограничения импульсов тока через диоды $Д_1-Д_4$ выпрямителя, возникающих в момент включения стабилизатора из-за использования в стабилизаторе конденсаторов C_2, C_3, C_5 и C_6 большой емкости. Для защиты блока питания при перегрузках служат плавкие предохранители $Пр_1$ и $Пр_2$. Лампа $Л_1$ – индикатор включения усилителя НЧ.

Стремление улучшить некоторые параметры усилителя, в частности повысить его чувствительность, создало предпосылки для разработки второго варианта входной части усилителя. Схема этого входного усилителя изображена на рис. 3. В качестве активных элементов выбраны полевые транзисторы T_1 и T_2. Низкий уровень собственных шумов полевых транзисторов позволил повысить чувствительность усилителя почти в 3 раза при прежнем отношении сигнал/шум (–75 дБ).

Транзистор T_1 включен по схеме с общим истоком. Коэффициент усиления ступени – не менее 8. Напряжение на затворе транзистора определяет резистор R_{15}. Такое включение транзистора не обеспечивает жесткой температурной стабилизации, тем не менее термостабильность ее при температуре от +10 до +30°С вполне удовлетворительная. Вторая ступень на транзисторе T_2 собрана по такой же схеме. Коэффициент усиления ступени более 10. Напряжение смещения снимается с делителя R_{24} R_{25}, поэтому термостабильность второй ступени несколько выше.

Регулятор громкости выполнен ступенчатым (B_1) на одиннадцать положений. Резисторы регулятора припаивают прямо к выводам переключателя, состоящего из двух плат – по одной на канал. Сопротивления резисторов должны быть подобраны в пары с точностью не хуже 2%. Между платами необходимо установить экранирующую перегородку, а весь регулятор заключить в экранирующий футляр. Все соединения во входных ступенях выполняют экранированным проводом.

Большинство деталей усилителя смонтировано на трех печатных платах. На плате *1* (ее чертеж изображен на рис. 4) смонтированы элементы, относящиеся к органам управления: регуляторам баланса, громкости и тембра, т. е. элементы первых двух ступеней (T_1-T_3) каналов усилителя. Транзисторы T_1 и T_2 смонтированы «выводами вверх» с помощью жестких проводников, предварительно впаянных в пистоны на плате. На плате *2* (рис. 5) смонтирована третья ступень (T_4) обоих каналов, а на плате *3* (рис. 6) – оконечные усилители каналов (транзисторы T_5-T_7). Выходные транзисторы смонтированы на радиаторе, образующем заднюю стенку корпуса усилителя. Все три печат-

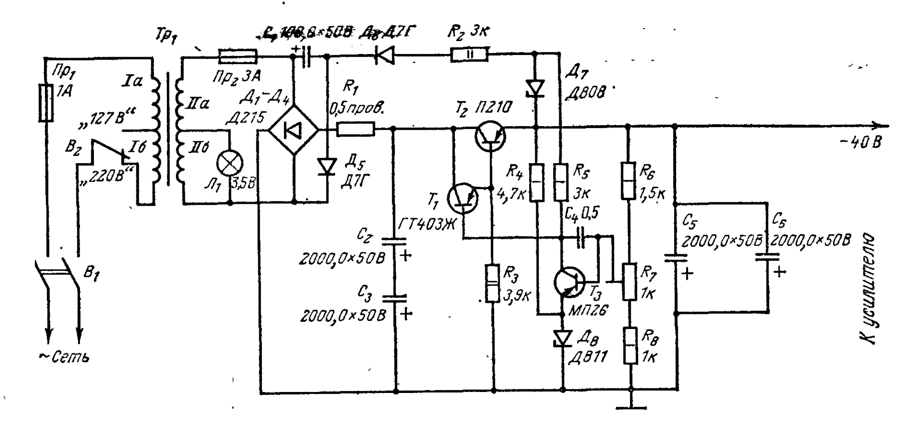


Рис. 2. Принципиальная схема блока питания усилителя.

Рис. 3. Принципиальная схема входного усилителя.

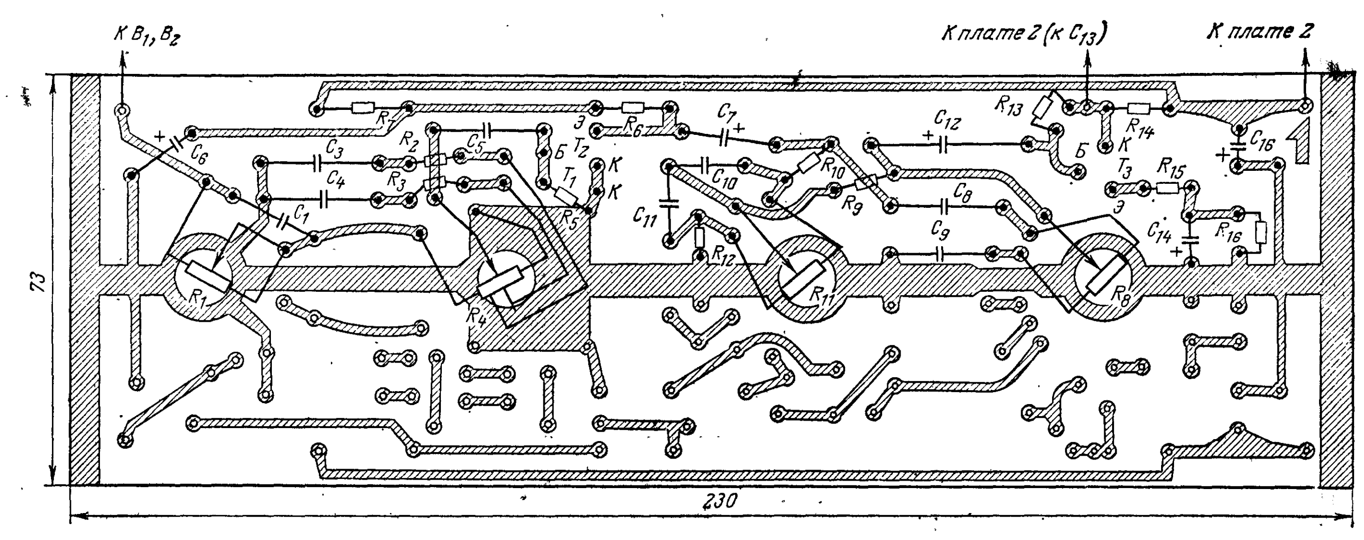


Рис. 4. Чертеж печатной платы *1*.

Рис. 5. Чертеж печатной платы *2*.

Рис. 6. Чертеж печатной платы *3*.

ные платы изготовлены из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм.

Блок питания усилителя собран на плате размером 90 × 80 × 1,75 мм из стеклотекстолита. Монтаж – навесной, детали распаяны на монтажных пистонах диаметром 1,5 мм. Соединения выполнены луженым проводом диаметром 0,5 мм.

Конструктивной основой усилителя служит каркас (рис. 7), состоящий из передней, задней и двух боковых панелей. Передняя и боковые панели изготовлены из листовой стали толщиной 1 мм. Их можно изготовить и из дюралюминия толщиной 1,5 мм. Задняя панель, являющаяся радиатором выходных транзисторов, отфрезерована из дюралюминиевого бруска. С внешней стороны на ней размещены выходные транзисторы, гнезда входных разъемов, гнезда для подключения громкоговорителей и переключатель напряжения сети. К внутренней стороне этой панели прикреплены силовой трансформатор, плата блока питания, разделительные конденсаторы C_{20} каналов, плата *3* оконечных усилителей, к которой на Г-образном кронштейне привинчена плата *2* согласующих ступеней.

Терморезисторы приклеены клеем БФ-2 к внутренней поверхности радиатора. Плата *1* прикреплена к передней панели каркаса гайками переменных резисторов. Транзисторы $T_1 - T_3$ следует подобрать с минимальным обратным током коллектора и статическим коэффициентом передачи тока более 100. Конденсаторы C_2, C_3, C_5, C_6 блока питания смонтированы попарно на П-образных кронштейнах, прикрепленных к боковым панелям. Снизу к боковым панелям с по-

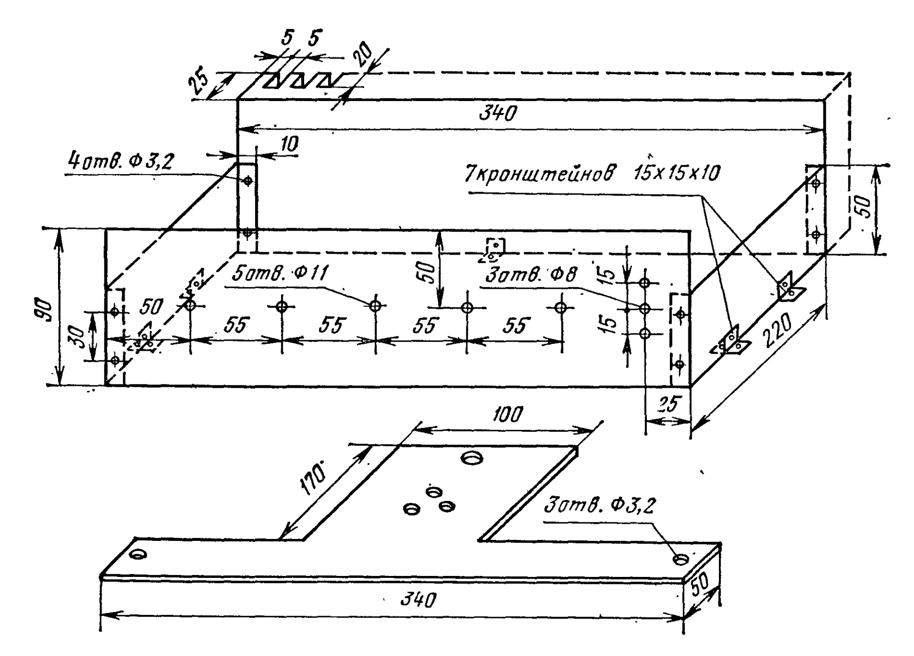


Рис. 7. Схематический чертеж каркаса усилителя.

мощью уголковых кронштейнов привинчена Т-образная дюралюминиевая пластина (рис. 7) толщиной 5 мм, служащая теплоотводом для регулирующего транзистора T_2 стабилизатора блока питания. К этой же пластине прикреплены передние ножки корпуса. Размещение узлов и деталей усилителя на каркасе показано на рис. 8 (вид сзади).

Переключатели *Моно — Стерео*, кнопки *Эффект присутствия*, выключатель питания, лампа $Л_1$ — индикатор включения и переключатель рода работы размещены на передней панели. К этой панели спереди через ограничительные втулки высотой 7 мм привинчена декоративная фальшпанель, на которой фотоспособом нанесены надписи. Переключатель рода работы — миниатюрный, ПМ-3П3Н. Катушка L_1 — контурная катушка диапазона длинных волн любого лампового приемника. Ручки регуляторов и переключателей и кнопки выточены из дюралюминия и полированы.

Футляр усилителя — П-образной формы, изготовлен из восьмимиллиметровой фанеры и снаружи оклеен декоративной пленкой. Футляр надевают на каркас сверху и прикрепляют к его боковым кронштейнам.

Сетевой трансформатор намотан на магнитопроводе ОЛ из стали толщиной 0,35 мм и шириной 50 мм (наружный диаметр 70 мм, внутренний 38 мм). Обмотка *I* содержит 840 витков провода ПЭВ-1 0,47, *II* — 170 (157 + 13) витков ПЭВ-1 1,2. О-образный магнитопровод можно заменить *Ш*-образным сечением около 12 см².

Для налаживания усилителя потребуются звуковой генератор, осциллоскоп и ламповый вольтметр. Необходимо заметить, что класс применяемых измерительных приборов должен соответствовать классу

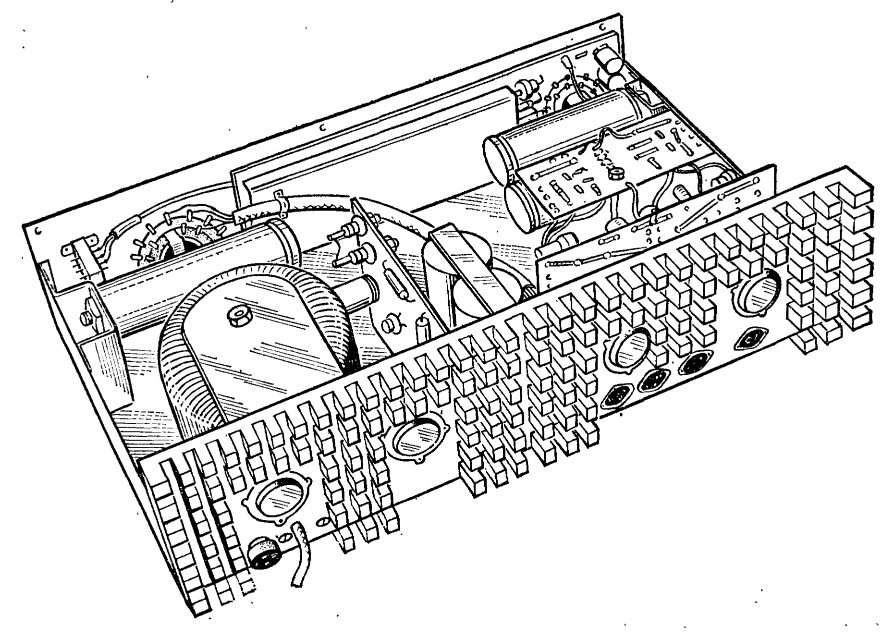


Рис. 8. Размещение узлов и деталей на каркасе.

налаживаемого усилителя, в частности звуковой генератор должен иметь коэффициент нелинейных искажений не хуже 0,1 %. Можно рекомендовать использовать генераторы ГЗ-35 или ГЗ-51, измеритель нелинейных искажений С6-1А (со встроенным звуковым генератором).

Налаживание начинают с блока питания. Вместо усилителя его нагружают проволочным резистором сопротивлением 1 кОм, мощностью 25–30 Вт и переменным резистором R_7 устанавливают выходное напряжение 40 В. Затем сопротивление нагрузочного резистора уменьшают до 20 Ом, при этом напряжение на выходе стабилизатора не должно уменьшаться более чем на 0,2–0,3 В.

Далее переходят к налаживанию оконечных усилителей. Подстроечный резистор R_{23} устанавливают в положение, соответствующее его максимальному сопротивлению, а конденсатор C_{17} отсоединяют от коллектора транзистора T_4. К выходу усилителя подключают проволочный резистор сопротивлением 4 Ом, мощностью рассеивания 25 Вт (эквивалент нагрузки), вольтметр переменного тока и осциллоскоп. Подстроечным резистором R_{23} напряжение в точке A (см. рис. 1) устанавливают равным половине напряжения питания (20 В).

Затем, максимально увеличив чувствительность осциллоскопа, на вход оконечного усилителя подают синусоидальный сигнал частотой 1 кГц и постепенно увеличивают его уровень. Если на экране возникнут искажения в виде «ступеньки», то начальное смещение на базах оконечных транзисторов изменяют так, чтобы искажения исчезли. Напряжение смещения задано сопротивлением терморезистора R_{28}. Смещение устанавливают подстроечным резистором R_{27} так, чтобы начальный ток выходных транзисторов был в пределах 30–50 мА. После этого усилитель проверяют на симметричность ограничения положительной и отрицательной полуволн синусоидального сигнала. Амплитуду напряжения со звукового генератора увеличивают до тех пор, пока синусоида на экране не начнет ограничиваться. Если ограничение одинаково снизу и сверху, усилитель налажен правильно, а если нет – подстроечным резистором R_{23} добиваются необходимой симметрии. Проверяют еще раз начальный ток выходных транзисторов. Если он остался в указанных пределах, налаживание оконечного усилителя считают законченным и восстанавливают цепь конденсатора C_{17}. Затем снимают частотную характеристику регуляторов тембра. Для этого от регулятора громкости отключают цепи тонкомпенсации, а регуляторы тембра устанавливают в положение, соответствующее максимальному подъему низших и высших частот. К коллектору транзистора T_3 через конденсатор емкостью 0,5–1 мкФ подключают ламповый вольтметр. На вход усилителя от звукового генератора подают сигнал напряжением 50 мВ. Частоту генератора изменяют от 20 Гц до 15 кГц (ступенями до 100 Гц – через 10 Гц, до 1 кГц – через 100 Гц, далее – через 1 кГц) и на каждой частоте измеряют и записывают показания вольтметра. Затем находят отношение каждого из этих напряжений к напряжению на частоте 1 кГц и переводят в децибелы. По полученным значениям строят частотную характеристику регуляторов тембра.

Аналогично налаживают и проверяют второй канал усилителя. В заключение измеряют переходное затухание между каналами. На вход одного (например, правого) канала усилителя от звукового генератора подают сигнал напряжением 250 мВ и вольтметром измеряют (на эквиваленте нагрузки) напряжение на выходе каждого

канала. Отношение напряжения на выходе левого канала к напряжению на выходе правого, выраженное в децибелах, есть величина переходного затухания усилителя. В связи с тем что этот параметр имеет частотно-зависимый характер, измерения проводят на нескольких частотах, например 50 Гц, 1 и 10 кГц.

Громкоговорители имеют полосу воспроизводимых частот 35—18000 Гц (при неравномерности ±4 дБ и коэффициенте нелинейных искажений 3%). Номинальная электрическая мощность 20 Вт, сопротивление постоянному току 3 Ом. Масса каждого громкоговорителя 15 кг.

В целях улучшения переходной характеристики громкоговорителей в них для акустического демпфирования использованы панели акустического сопротивления (ПАС). Громкоговорители трехполосные, т. е. полоса воспроизводимых частот разделена на три части и каждая из них воспроизводится своей группой головок. Низкочастотная и высокочастотная группы состоят из двух головок, среднечастотная головка одна.

Низкочастотные головки — 6ГД-2. Головки, устанавливаемые в один ящик, должны иметь собственные резонансные частоты, отличающиеся на 10—15 Гц (но не более). Важно, чтобы и вторая пара низкочастотных головок (для другого громкоговорителя) имела такие же резонансные частоты. Для воспроизведения средних частот в громкоговорителе предусмотрена головка 5ГД-1РРЗ. Желательно выбрать головку с резонансной частотой более высокой, чем у низкочастотных. Высокочастотные головки — 1ГД-3РРЗ. Все головки в громкоговорителе должны быть включены синфазно.

Чертеж ящика изображен на рис. 9. Боковые, верхнюю и ниж-

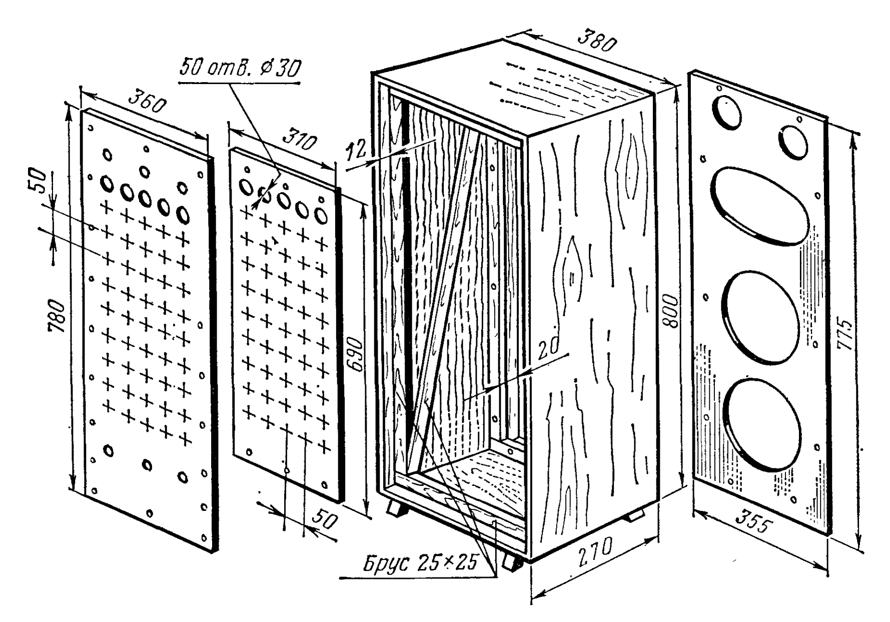


Рис. 9. Устройство ящика громкоговорителя.

нюю панели изготовляют из 12-миллиметровой фанеры и соединяют «в шип», все швы тщательно проклеивают. Переднюю панель изготовляют из древесностружечной плиты толщиной 25 мм и прикрепляют винтами М6 × 60 к деревянной раме, установленной внутри ящика в передней его части. Раму приклеивают к ящику и дополнительно крепят шурупами. К такой же раме, установленной в задней части ящика, крепят панель акустического сопротивления.

Отверстия под высокочастотные головки в передней панели зенкуют под углом 45° на глубину 10 мм. Края всех отверстий под головки нужно зачистить. По периметру панели сверлят 10 отверстий диаметром 7 мм под крепежные винты. Головки винтов утапливают в панель и заливают эпоксидной смолой, чтобы предохранить винты от прокручивания при навинчивании гаек. При установке передней панели в ящик под нее нужно проложить полосу поролона сечением около 30 × 6 мм для уплотнения шва. С наружной стороны к передней панели также приклеивают лист поролона толщиной 4—7 мм, в котором вырезают отверстия под головки несколько большего (на 10—15 мм) диаметра. Затем панель обтягивают не слишком плотной декоративной тканью.

В последнюю очередь к отражательной доске шурупами привинчивают головки, под которые подкладывают тонкие поролоновые кольца. В точках для ввинчивания шурупов сверлят отверстия небольшого диаметра, а шурупы смазывают мылом для облегчения ввинчивания. Перед установкой на панель на среднечастотную головку надевают марлевый мешок, а после установки закрывают защитным колпаком, предохраняющим излучатель головки от воздействия на него колебаний воздуха, создаваемых низкочастотной группой головок. Колпак изготовляют из листового металла толщиной 0,5—0,8 мм, изнутри оклеивают тонким войлоком и заполняют неплотно ватой. Колпак крепят к передней панели с помощью уголков.

Панель акустического сопротивления состоит из двух листов фанеры толщиной 10 мм, в каждом из которых просверлено по 50 соосных отверстий диаметром 30 мм. Между листами фанеры туго натянуто льняное полотно. Один из листов фанеры (больший) одновременно является задней стенкой ящика. При сверлении отверстий необходимо оба листа плотно скрепить для того, чтобы при выходе сверла не скалывались слои фанеры.

После сверления отверстий на меньший лист накладывают тщательно разглаженную ткань. Сначала ткань приклеивают к одному из торцов листа. После высыхания клея ткань сильно натягивают и приклеивают к противоположному торцу. На время высыхания клея ткань можно прибить небольшими гвоздями. Аналогично наклеивают ткань на остальные два торца, стараясь как можно сильнее ее натягивать. После полного высыхания клея ткань нужно слегка смочить, тогда она, подсохнув, натянется еще более. Затем оба листа скрепляют и устанавливают в ящик, подложив полосу поролона. Снизу к ящику прикрепляют четыре ножки высотой 180 мм, к концам которых приклеивают войлочные кружки.

Схема разделительного фильтра громкоговорителя представлена на рис. 10. Элементы фильтра размещают внутри ящика на дне. Катушку индуктивности L_1 наматывают на каркасе с внутренним диаметром 30, диаметром щечек 70 и шириной 30 мм проводом ПЭЛ 1,2 виток к витку до заполнения каркаса.

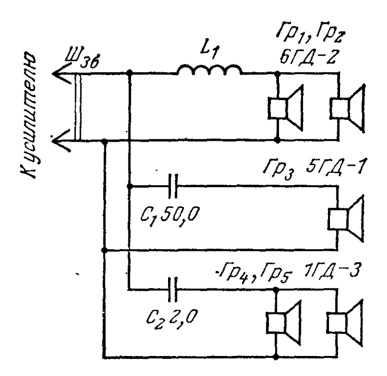


Рис. 10. Принципиальная схема громкоговорителя.

Громкоговорители с панелью акустического сопротивления, совмещенной с задней стенкой, нельзя ставить вплотную к стене помещения. Для эффективной работы акустической панели расстояние между стеной и громкоговорителем должно быть не менее 50—60 мм.

Электропроигрыватель состоит из движущего механизма, содержащего двигатель, понижающую передачу, систему провески и диск с подшипником, тонарма с микролифтом и ящика с крышкой. Кроме механизма в проигрывателе смонтированы усилитель-корректор, устройство регулирования частоты вращения диска и блок питания.

Устройство проигрывателя показано на рис. 11. Для того чтобы уменьшить низкочастотный рокот в громкоговорителях, возникающий из-за вибрации двигателя *1*, он утяжелен грузом *2* и подвешен к плате *7* на четырех резиновых шнурах *8*. Радиальные усилия на вал двигателя воспринимают цилиндрические пружины *12*, прикрепленные к двум угольникам *4*, привинченным к двигателю, и винтам, ввинченным в плату *7* (второй угольник зеркально подобен первому, только изогнут в противоположную сторону). Плата прикреплена шурупами к деревянным брускам *10* ящика *11*.

К концам угольников *4* привинчена пластина *3* с втулкой *5*. Во втулке стопорным винтом неподвижно фиксирован вал *6*, вокруг которого вращается промежуточный шкив *15* привода диска проигрывателя. Вращение промежуточному шкиву *15* от насадки *54* двигателя передается пассиком *53*. Такая кинематическая схема позволяет применить для привода диска обычный быстроходный электродвигатель переменного тока и получить при этом минимальный уровень рокота.

Необходимую частоту вращения диска *14* (33 1/3 или 45 $мин^{-1}$) выбирают перестановкой пассика *16* в соответствующий ручей шкива *15* при снятом диске *14*. Легкосъемный диск *14* опирается на планшайбу *17* и ею центрируется. Наружная цилиндрическая поверхность планшайбы одновременно является ведомым шкивом второй ступени привода диска. Вал планшайбы вращается во втулке *45*, установленной на плите *44*. Вал опирается на подпятник *47* шариком *46*. Отверстие втулки *45* закрыто снизу резьбовым стаканом *48*, удерживающим смазку и дающим возможность регулировать положение диска *14* по высоте.

К плите *44* приклеены клеем 88Н три войлочные шайбы *41*, сквозь которые пропущены винты *42* крепления плиты к несущей панели *13*. Несущая панель опирается на четыре конические пружины *39* через регулировочные резьбовые стойки *40*, ввернутые во втулки *37*. Пружины прикреплены к дну ящика с помощью звездочек *38*.

Описанная конструкция подвески несущей панели *13* значительно ослабляет передачу вибрации от двигателя на диск и позволяет при необходимости легко вынимать панель с тонармом из ящика, предварительно сняв диск *14* и пассик *16*.

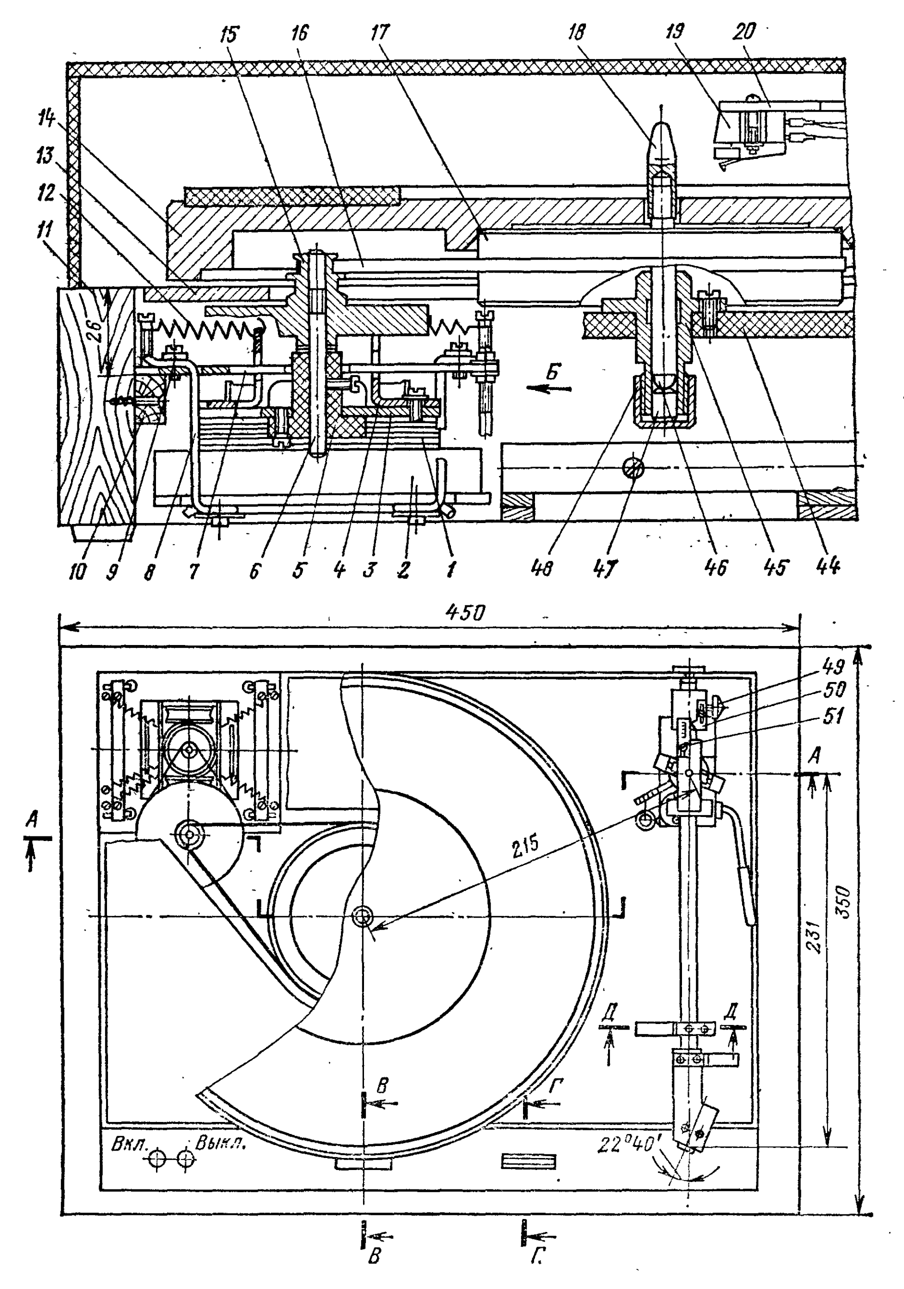


Рис. 11. Устройство механизма проигрывателя.

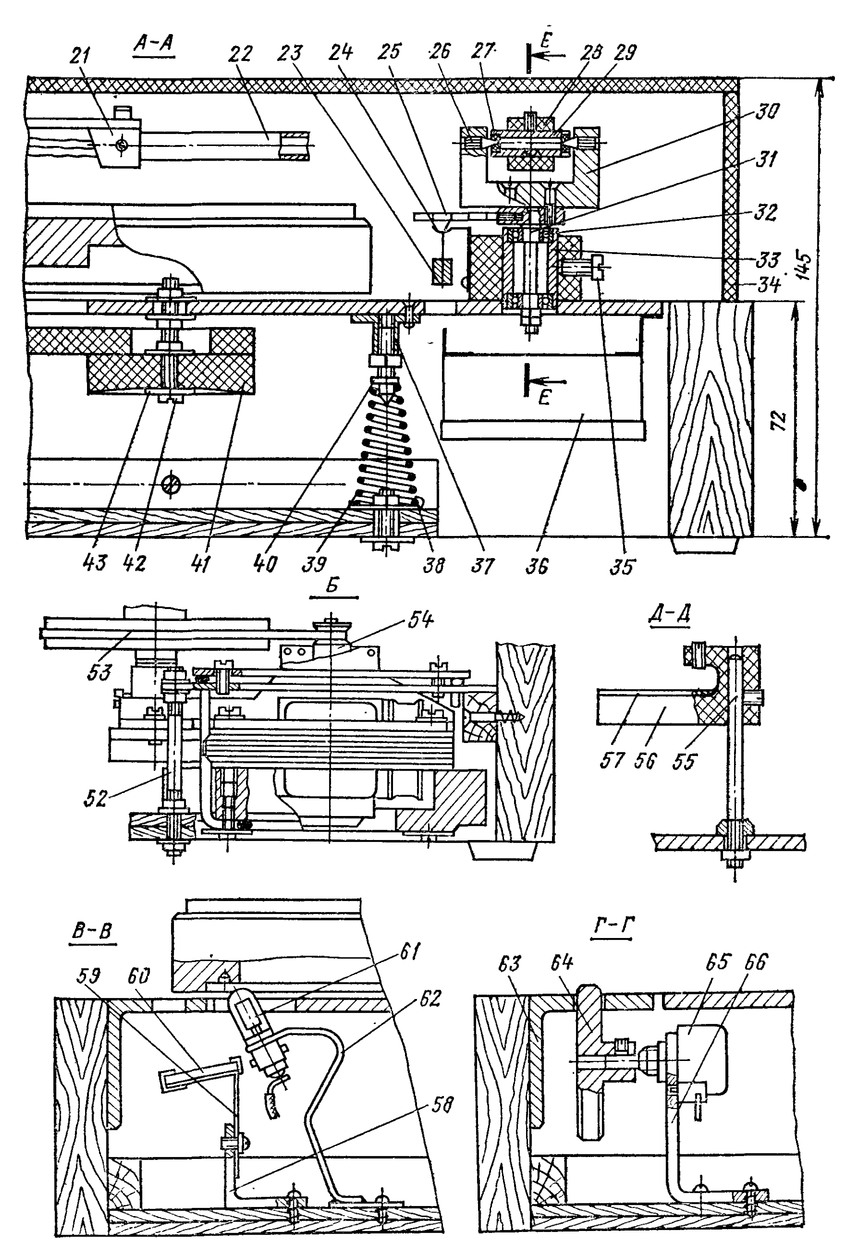


Рис. 11. Продолжение.

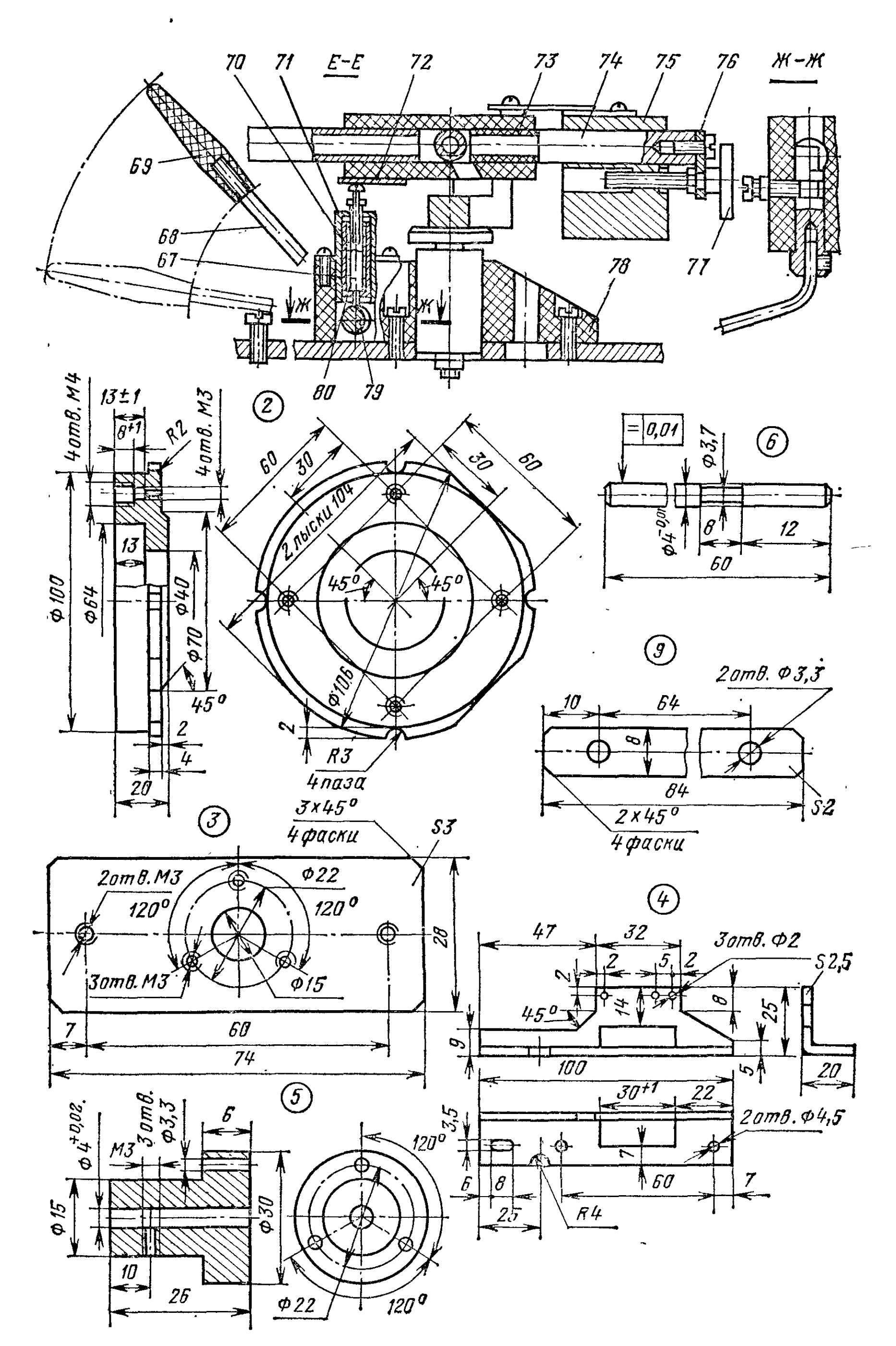


Рис. 11. Продолжение.

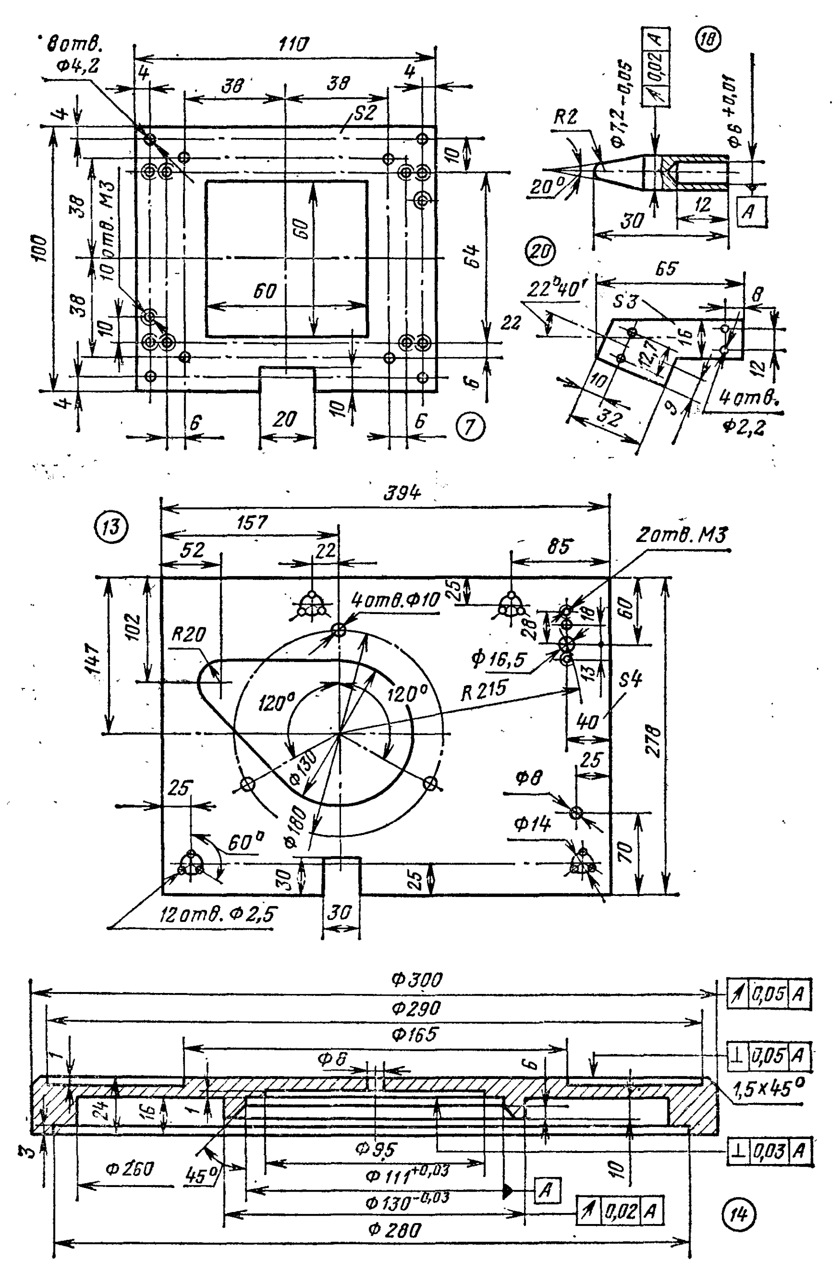


Рис. 11. Продолжение.

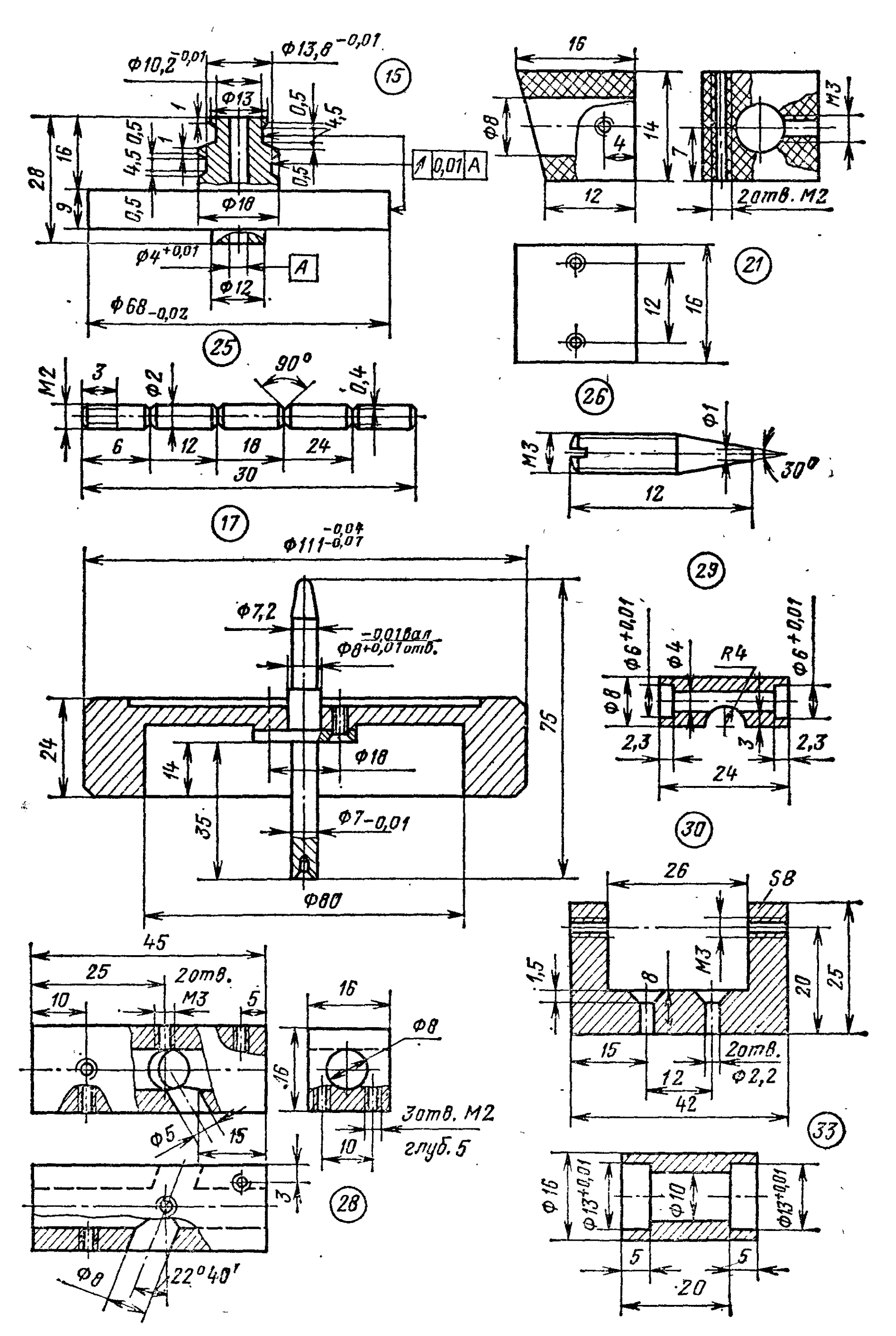


Рис. 11. Продолжение.

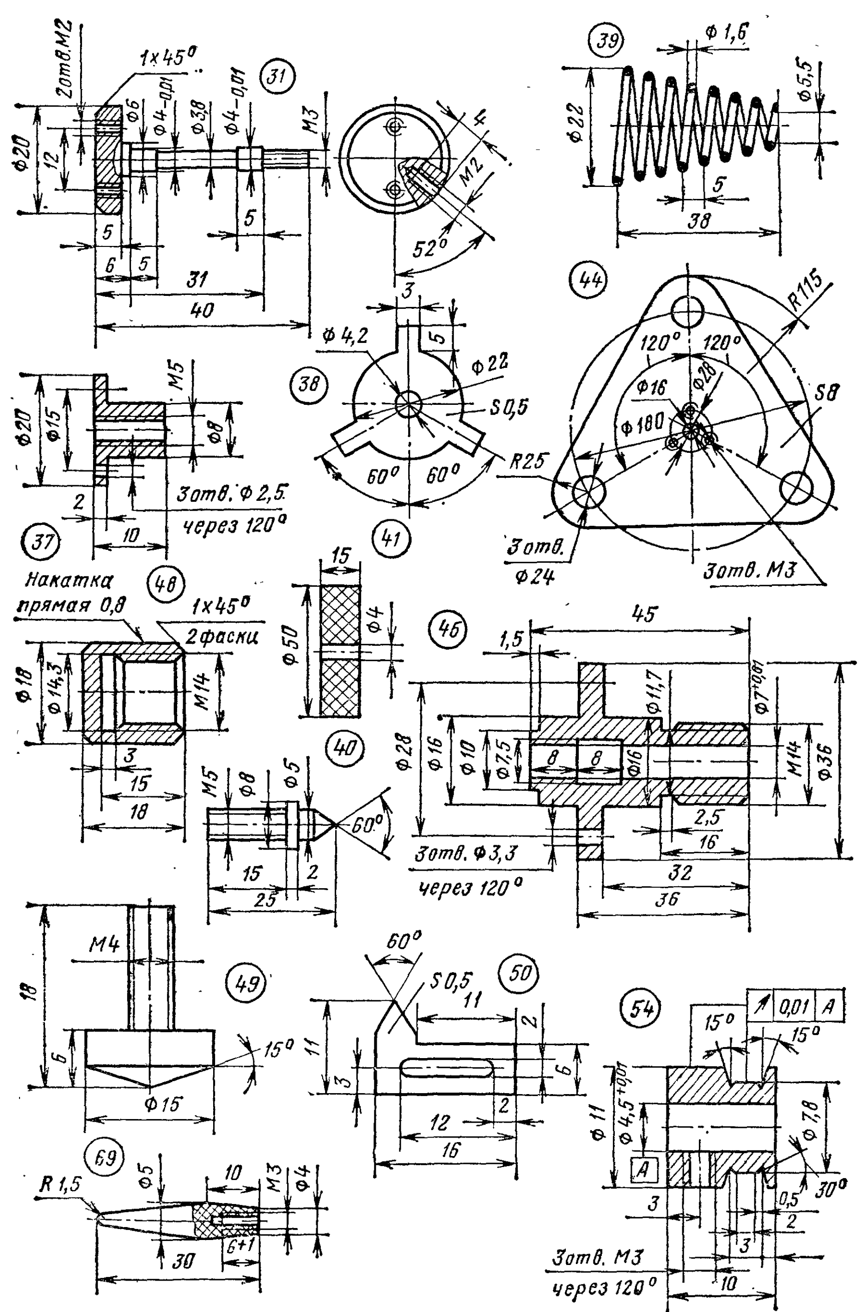


Рис. 11. Продолжение.

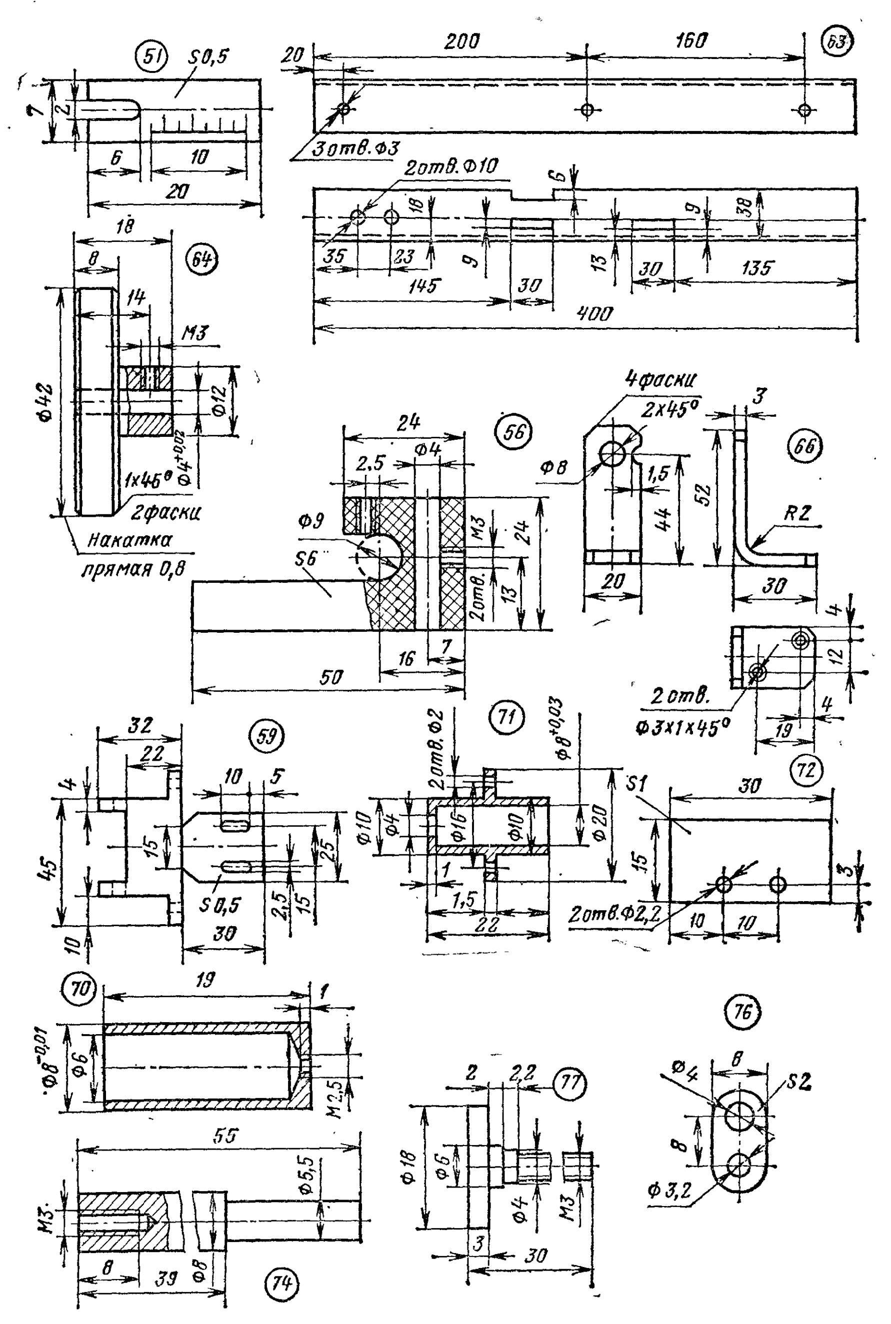


Рис. 11. Продолжение.

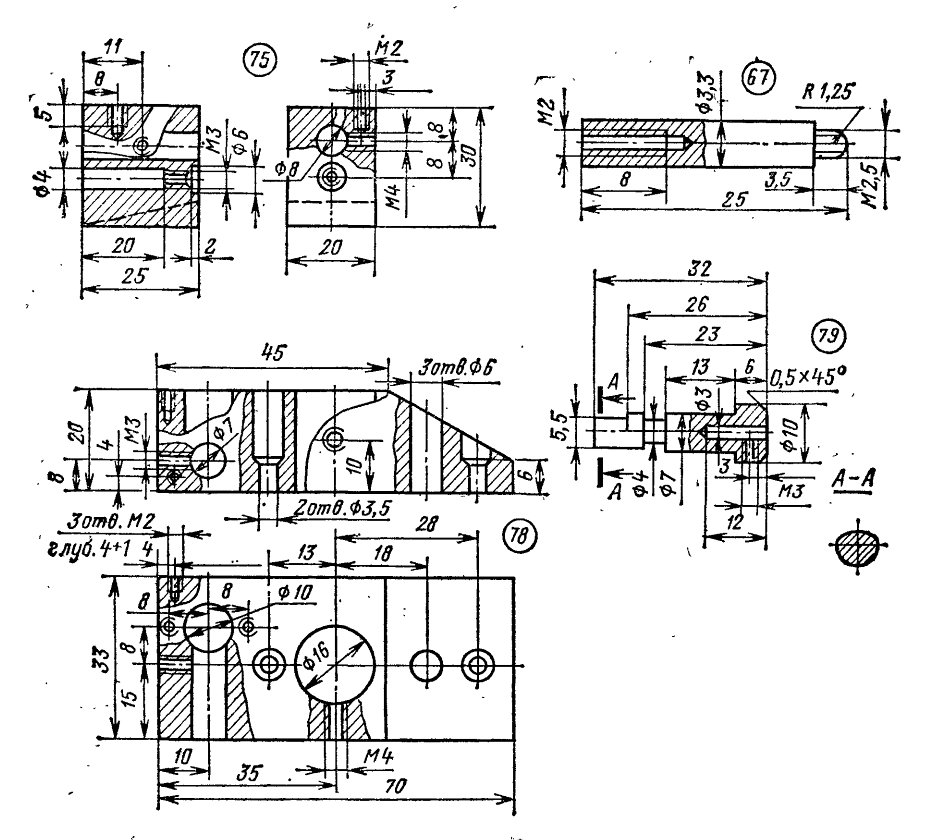


Рис. 11. Продолжение.

1 — электродвигатель ЭДГ-6; *2* — груз, сталь 3, цинковать; *3* — пластина, дюралюминий Д16А-Т; *4* — угольник, сталь 20, лист. 2 мм, цинковать, 2 шт.; *5* — втулка, эбонит; *6* — вал, сталь 45, калить, *HRC* 35—42; *7* — плата, сталь 20, лист. 2 мм, цинковать; *8* — шнур резиновый, ∅2,5 — 3 мм, 4 шт.; *9* — планка, сталь 20, лист. 2 мм, цинковать, 2 шт.; *10* — брусок, древесина (сеч. 10×15 мм), 6 шт.; *11* — ящик; *12* — пружина, проволока рояльная, ∅0,3 мм (наружный диаметр пружины 3,6 мм), 5 шт.; *13* — панель несущая, дюралюминий Д16А-Т, лист. 4 мм; *14* — диск, дюралюминий АЛ8; *15* — шкив, латунь ЛС59-1, хромировать; *16* — пассик резиновый (от магнитофонной приставки «Нота»); *17* — планшайба (от магнитофона «Дайна»); *18* — наконечник, латунь ЛС59-1, хромировать; *19* — головка звукоснимателя ГЗМ-003; *20* — пластина, органическое стекло, красить; *21* — сухарь, эбонит; *22* — труба 8×0,5 длиной 182 мм, алюминиевый сплав; *23* — грузик, латунь ЛС59-1, хромировать; *24* — кронштейн, проволока медная ∅0,8, серебрить; *25* — поводок, латунь ЛС59-1, хромировать; *26* — цапфа, латунь ЛС59-1, хромировать, 2 шт.; *27* — шарикоподшипник № 1000092 (6×2×2,3 мм), 2 шт.; *28* — корпус, дюралюминий Д16А-Т; *29* — втулка, дюралюминий Д16А-Т; *30* — вилка, дюралюминий Д16А-Т; *31* — вал, дюралюминий Д16А-Т; *32* — шарикоподшипник № 24 (13×4×5 мм), 2 шт.; *33* — втулка, дюралюминий Д16А-Т; *34* — крышка, органическое стекло; *35* — винт М4×10; *36* — усилитель-корректор; *37* — втулка резьбовая, дюралюминий Д16А-Т, 4 шт.; *38* — звездочка, жесть белая, лист. 0,5 мм, 4 шт.; *39* — пружина коническая, проволока ∅1,6 мм, 4 шт.; *40* — стойка резьбовая, латунь ЛС59-1, 4 шт.; *41* — шайба войлочная, 3 шт.; *42* — винт М4 × 40, 3 шт.; *43* — шайба 4 × 15 × 1, 16 шт.; *44* — плита, текстолит, толщ. 8 мм; *45* — втулка, латунь ЛС59-1; *46* — шарик стальной, ∅6; *47* — ролик стальной, ∅7 × 10; *48* — стакан резьбовой, латунь ЛС59-1; *49* — винт-фиксатор, латунь ЛС59-1, хромировать; *50* — стрелка-указатель, дюралюминий Д16А-Т, лист. 0,5 мм; *51* — шкала, дюралюминий Д16А-Т, лист. 0,5 мм; *52* — шпилька М4×52, 2 шт.; *53* — пассик резиновый (от магнитофона «Комета-206»); *54* — насадка, латунь ЛС59-1, хромировать; *55* — стойка, ла-

К несущей панели *13* прикреплен тонарм с головкой и механизмами установки прижимной силы и компенсации скатывающей силы и гидравлическим микролифтом.

Тонарм смонтирован на опоре *78*, в которой винтом фиксирована втулка *33* с шарикоподшипниками *32* и вращающимся в них вертикальным валом *31*. В несущей панели *13* и опоре *78* просверлены соосные отверстия для проводов от головки. К фланцу вала *31* привинчена вилка *30*, в которой с помощью цапф *26* установлена втулка *29* с шарикоподшипниками *27* горизонтальной оси вращения тонарма. На втулке *29* закреплен корпус *28*, в котором закреплены трубка *22* (собственно тонарм) и через демпфер *73* рычаг *74* противовеса *75*.

На противоположном конце трубки *22* установлен держатель головки, состоящий из сухаря *21* и пластины *20* с двумя отверстиями для крепления головки *19*. Перемещая противовес *75* по рычагу *74* винтом *77*, можно изменять прижимную силу тонарма в пределах от нуля до 35 мН (0—3,5 г) или от 30 до 70 мН (3—7 г). Установленную прижимную силу определяют по шкале *51* против стрелки-указателя *50*.

Для плавного опускания головки на пластинку тонарм снабжен микролифтом, в котором использован эффект вязкого трения. Микролифт состоит из поршня *70* со штоком *67*, помещенного в цилиндр *71*. Зазор между поршнем и цилиндром заполнен вязкой невысыхающей жидкостью (полиметилсилоксановая жидкость ПМС-500000). На верхний конец штока *67* через регулировочный винт опирается корпус *28* тонарма упором *72*. Нижний конец штока усилием пружины *80* прижат к кулачковому валу *79*, с которым соединен поводок *68* с рукояткой *69*.

При резком повороте рукоятки *69* вниз вал *79* поворачивается и нижний конец штока из-за большой вязкости жидкости на некоторое время теряет контакт с поверхностью кулачка. На шток сверху действуют масса тонарма и усилие пружины *80*, поэтому шток и опирающийся на него тонарм плавно опускаются. После соприкосновения иглы с пластинкой опускание тонарма прекращается, а шток *67* под воздействием пружины продолжает двигаться вниз до упора в кулачок. При повороте рукоятки *69* вверх кулачок перемещает шток *67*, а с ним и тонарм вверх.

Тонарм снабжен компенсатором скатывающей силы, состоящим из грузика *23*, подвешенного на капроновой нити. Нить закреплена в проточке поводка *25*, ввернутого во фланец вала *31*, и пропущена через ушко проволочного кронштейна *24*.

тунь ЛС59-1, хромировать; *56* — полка, эбонит; *57* — накладка кожаная, толщина 1 мм, клеить клеем 88Н к дет. *56*; *58* — угольник (уголок дюралюминиевый 25 × 25, длиной 25 мм); *59* — кронштейн, сталь 20, лист. 0,5 мм; *60* — зеркало (разм. 40 × 25 мм); *61* — лампа неоновая ТН-0,2; *62* — стойка, проволока медная ∅1,5 (к лампе *61* паять); *63* — угольник (уголок дюралюминиевый 40×40); *64* — ручка, дюралюминий Д16А-Т; *65* — переменный резистор ППЗ-20 15 кОм; *66* — кронштейн, сталь 20, цинковать; *67* — шток, латунь ЛС59-1, хромировать; *68* — поводок, латунь ЛС62, пруток ∅3, хромировать; *69* — рукоятка, эбонит; *70* — поршень, дюралюминий Д16А-Т; *71* — цилиндр, дюралюминий Д16А-Т; *72* — упор, дюралюминий Д16А-Т, лист. 1 мм; *73* — демпфер, резина (трубка ∅8 × 1,5 × 16 мм); *74* — рычаг, латунь ЛС59-1, хромировать; *75* — противовес, латунь ЛС59-1, хромировать; *76* — серьга, латунь ЛС59-1, хромировать; *77* — винт, латунь ЛС59-1, хромировать; *78* — опора, дюралюминий Д16А-Т; *79* — вал кулачковый, латунь ЛС59-1, хромировать; *80* — пружина, проволока рояльная, ∅0,3 (наружный ∅4,2).

Частоту вращения диска 14 контролируют с помощью стробоскопического устройства. На ободе диска снизу просверлено 180 отверстий диаметром 2,5 и глубиной 1,5 мм, служащих стробоскопическими метками. Вместо отверстий можно к диску приклеить бумажное кольцо с нарисованными тушью стробоскопическими метками. Метки освещены неоновой лампой *61*. Метки наблюдают в зеркале *60*, установленном на кронштейне *59*. Для изменения положения зеркала в кронштейне пропилены два продольных паза, с помощью которых он прикреплен к угольнику *58*.

Проигрыватель смонтирован в деревянном ящике *11* с внутренними размерами 400 × 320 × 72 мм (без ножек). Снаружи ящик отделан синтетической пленкой «под древесину». В дне ящика прорезаны три больших отверстия: в одном из них расположен груз *2* двигателя *1*, второе отверстие служит для доступа к резьбовому стакану *48*, а третье — для доступа к выводам от головки звукоснимателя *19*.

На задней стенке ящика размещают разъем сетевого шнура проигрывателя, переключатель сетевого напряжения, предохранитель и разъем для подключения проигрывателя к усилителю или магнитофону. Боковые стенки ящика выполнены более толстыми, чем передняя и задняя. Это, с одной стороны, несколько увеличивает жесткость ящика, а с другой, позволяет тонарму поворачиваться на нужный угол, не задевая крышки *34*.

Крышка склеена из органического стекла толщиной 3,5 мм. Внутренние размеры крышки 435 × 335 × 70 мм. Переднюю, верхнюю и заднюю стенки крышки изготавливают из одного листа. Лист по линии сгиба надрезают с внутренней стороны резаком на глубину 2—2,5 мм и сгибают, нагревая надрез с наружной стороны. Боковые стенки крышки вклеивают.

К передней стенке ящика привинчен шурупами дюралюминиевый угольник *63* (заготовка 40 × 40 мм). На нем установлен выключатель питания проигрывателя, а также прорезаны два прямоугольных отверстия, одно из которых (под диском) является окном стробоскопа, а во втором размещена ручка *64* подстройки частоты вращения диска.

Грампластинка должна опираться на диск обязательно через резиновую прокладку. Выбор формы прокладки зависит от вкуса и возможностей радиолюбителя. Внутренний диаметр прокладки (см. рис. 11) следует выбрать меньше 172 мм. Это даст возможность проигрывать пластинки малого формата. Центральная часть диска должна быть глубже прокладки на 1—2 мм, что несколько улучшает условия проигрывания покоробленных пластинок.

Планшайба *17* изготовлена из маховика от магнитофона «Дайна». Доработка маховика заключается в прошлифовке верхнего конца вала до диаметра $6_{-0,02}$ мм на длину 10—12 мм. На этот конец напрессовывают наконечник *18*, центрирующий грампластинки на диске. На рис. 11 дан чертеж планшайбы с валом *17* для ее самостоятельного изготовления. Наконечник *18* в этом случае не потребуется.

Налаживание механизма проигрывателя следует начинать с узла двигателя, добиваясь вертикального положения вала *6* промежуточного шкива *15* с помощью подтягивания или отпускания резиновых шнуров *8* и закрепления их планками *9*. Выбором длины шну-

ров устанавливают зазор не менее 1—1,5 мм между шкивом *15* и несущей панелью *13* (при установленном диске *14*). Поэтому при сборке длину шнуров выбирают с запасом в 20—30 мм. После налаживания эти лишние концы обрезают.

Натяжение пассика *53* изменяют перемещением планки *3* вдоль отверстий-пазов в угольниках *4*. При работе узла пассик *53* должен располагаться примерно посредине высоты шкива *15*. Необходимое положение шкива по высоте устанавливают подбором числа гетинаксовых шайб между шкивом и втулкой *5*.

Плита *44* с втулкой *45* должна быть установлена так, чтобы было выдержано расстояние между осью вращения диска и вертикальной осью вращения тонарма, равное $215 \pm 0,5$ мм, а зазор между панелью *13* и ободом диска *14* был равномерным. Зазор регулируют резьбовым стаканом *48* в пределах 1,5—2 мм. При сборке во втулку *45* и резьбовой стакан *48* закладывают смазку «Литол 24».

Поверхность панели *13* должна быть на одном уровне с верхней кромкой ящика. Этого добиваются регулировкой резьбовых стоек *40*, после чего их фиксируют гайками. Между панелью *13* и стенками ящика (а спереди — угольником *63*) необходимо установить одинаковый зазор 2—3 мм. Для этого перемещают звездочки *38* вместе с пружинами *39*, а потом затягивают крепежные винты. Чтобы иметь возможность такой регулировки, отверстия в дне ящика под крепежные винты должны иметь диаметр не менее 8 мм.

При сборке тонарма необходимо добиться, чтобы его вращение в обоих плоскостях происходило без заеданий и люфтов. После окончательной регулировки цапфы *26* фиксируют в вилке *30* нитрокраской. Перед установкой тонарма внутрь него пропускают изолированные проводники, соединяющие головку с усилителем-корректором или с выходным разъемом проигрывателя. Съемные контакты для подключения головки (можно использовать контакты от панели пальчиковой радиолампы) припаивают к проводам заранее. Проводники должны быть как можно более гибкими, чтобы они практически не влияли на подвижность тонарма. Можно применить провод ПЭЛШО диаметром 0,1—0,12 мм или, лучше, литцендрат. Затем устанавливают расстояние между иглой и вертикальной осью вращения тонарма, равное $231 \pm 0,5$ мм, и стопорят трубку *22* винтами в сухаре *21* и корпусе *28*, следя за тем, чтобы пластина *20* не была скошена влево или вправо.

Масса противовеса *75* должна обеспечить равновесие тонарма с головкой при зазоре в 8—9 мм между противовесом и корпусом *28*. В этом положении стрелку *50* устанавливают против нулевой риски шкалы *56* и фиксируют винтом. Если масса противовеса окажется слишком велика, часть его спиливают, в противном случае к нижней части противовеса прикрепляют дополнительный груз.

Перед регулировкой микролифта следует убедиться, что поршень *70* без заеданий, но и без заметного люфта перемещается в цилиндре *71*. После этого поршень смазывают жидкостью ПМС-500000. Поводок *68* должен быть закреплен на валу *79* так, чтобы при повороте рукоятки *69* на угол примерно 60° головка опускалась не менее чем на 12—15 мм. Затем при верхнем положении рукоятки *69* регулировочным винтом штока *67* и вертикальным перемещением втулки *33* устанавливают зазор 5—6 мм между иглой головки и

пластинкой. При резком повороте рукоятки вниз игла должна плавно опуститься на пластинку. Во время проигрывания пластинки между винтом штока *67* и упором *72* обязательно должен быть зазор. Жидкость ПМС-500000 можно заменить смазкой «Литол 24», но в этом случае скорость опускания головки будет зависеть от скорости перемещения рукоятки *69*. Полка *56* должна быть закреплена на стойке 55 так, чтобы она захватывала трубку тонарма в его верхнем (над пластинкой) положении.

В процессе регулировки стробоскопа подгибают стойку *62*, добиваясь, чтобы лампа *61* была расположена возможно ближе к диску *14*, но не касалась его. Затем зеркало *60* устанавливают в положение, при котором освещенные лампой стробоскопические метки должны быть видны в зеркале через окно в панели *63*. Если необходимо, слегка подгибают кронштейн *59*. Лампа не должна быть

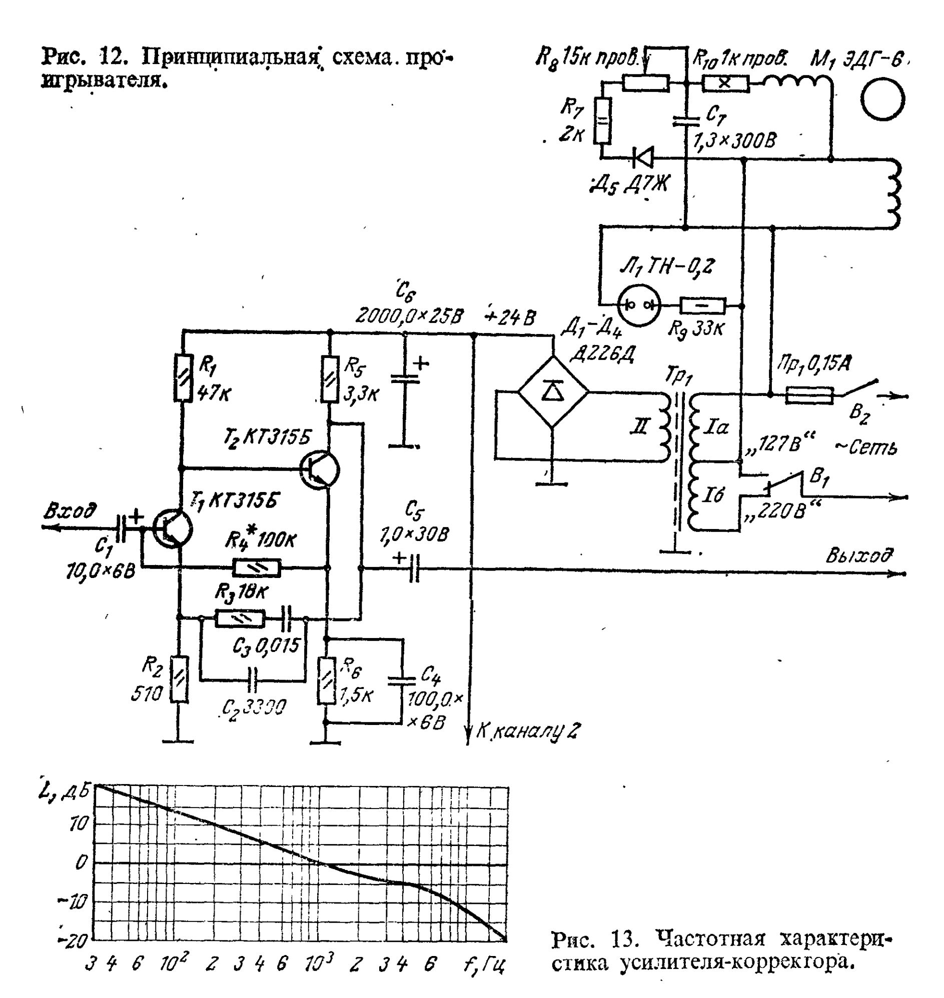


Рис. 12. Принципиальная схема проигрывателя.

Рис. 13. Частотная характеристика усилителя-корректора.

видна в зеркале, поэтому ее изображение следует прикрыть черной бумагой. Переменный резистор *65* нужно подключить так, чтобы в крайнем левом положении ручки *64* стробоскопические метки, наблюдаемые в зеркале, перемещались по часовой стрелке (это означает, что диск вращается ускоренно), а в крайнем правом – против. Если не удается достичь неподвижного положения меток ни при каком положении ручки *64*, следует изменить рабочий диаметр насадки *54* на валу двигателя. Регулятор частоты вращения диска следует налаживать не менее чем через 10 мин после включения проигрывателя.

Принципиальная схема электрической части проигрывателя изображена на рис. 12. Оба канала усилителя-корректора и электродвигатель со стробоскопом питаются от одного сетевого трансформатора $Тр_1$. Для изменения частоты вращения электродвигателя M_1 в одну из его обмоток подают постоянный ток от выпрямителя на диоде $Д_5$. Значение тока регулируют переменным резистором R_8.

На рис. 12 изображена схема только одного из каналов усилителя-корректора. Связь между транзисторами T_1 и T_2 – гальваническая, что позволяет получить хорошие фазовую и частотную характеристики. Частотная характеристика скорректирована за счет частотно-зависимой обратной связи. Напряжение обратной связи снимается с коллектора транзистора T_2 и подается на эмиттер транзистора T_1.

Усилитель-корректор имеет рабочую полосу частот 20–20000 Гц при коэффициенте нелинейных искажений 0,2%. Коэффициент передачи на частоте 1 кГц – не менее 28 дБ. Входное сопротивление 50 кОм, максимальное входное напряжение 40 мВ, отношение сигнал/шум 75 дБ, сопротивление нагрузки 100 кОм. Частотная характеристика усилителя-корректора показана на рис. 13. Усилитель можно питать и меньшим напряжением (до 15 В). В этом случае потребуется подобрать резистор R_4 (см. рис. 12).

В проигрывателе использован сетевой трансформатор, намотанный на магнитопроводе Ш16 × 20. Обмотка *I* состоит из 1650 + 1300 витков провода ПЭВ-2 0,15, обмотка *II* – 286 витков провода ПЭВ-2 0,2. Экран – один слой провода ПЭВ-2 0,15. Транзисторы усилителя должны иметь статический коэффициент передачи тока не ниже 200. Их нужно подобрать в две пары по этому коэффициенту с точностью не хуже 2%. По одному транзистору из каждой пары ставят в один канал, остальные два – в другой. Аналогичным образом нужно подобрать в пары (с точностью не хуже 5%) все конденсаторы и резисторы цепей коррекции, остальные детали могут иметь допуск 10%. Все крупные узлы и детали проигрывателя (такие, как узел привода, несущая панель, диск, трубка тонарма, магнитопровод и экран сетевого трансформатора) следует «заземлить».

При налаживании усилителя-корректора следует иметь в виду, что увеличение сопротивления резистора R_4 (см. рис. 12) вызывает снижение усиления на средних и высших частотах, а R_6 – подъем на частотах 40 кГц и ниже. Конденсатор C_2 формирует частотную характеристику на высших частотах, а C_3 – на низших. Плату усилителя-корректора необходимо поместить в экранирующую коробку.

УДК 681.847.2–181.48

КАРМАННЫЙ КАССЕТНЫЙ ДИКТОФОН «СЕЛИГЕР-6»

В. КОЛОСОВ, Л. МЕЛЬНИКОВА (СССР)

Диктофон предназначен для записи речи в нестационарных условиях и последующего воспроизведения через головной телефон или динамический микрофон. Он рассчитан на применение стандартной магнитофонной кассеты МК-60 и питается от трех элементов 332 (или А332). Запись двухдорожечная. Время непрерывной записи на каждой дорожке – не менее 30 мин. Скорость ленты равномерно ускоренная. Средняя скорость – около 4,7 см/с. Длительность обратной перемотки полной кассеты – не более 5 мин. Коэффициент детонации – не более 4%. Рабочий диапазон частот – 315–3150 Гц.



Рис. 1. Внешний вид диктофона (внизу – крышка сдвинута).

Относительный уровень помех канала воспроизведения — не хуже -36 дБ. Номинальная выходная мощность — не менее 1 мВт. Номинальное напряжение питания — 4,5 В. Длительность работы (с перерывами) от одного комплекта элементов А332 — не менее 8 ч. Размеры диктофона 158 × 92 × 26 мм. Масса не превышает 0,5 кг.

Диктофон снабжен динамическим микрофоном МД-64А и головным телефоном ТМ-2. Микрофон применяют при записи, а также для слухового контроля записанной фонограммы в режиме *Воспроизведение.* При длительной работе в этом режиме микрофон заменяют телефоном ТМ-2.

На рис. 1 изображен внешний вид диктофона. Управляют им при помощи движка *4* и кнопки *3*. Движок *4 Род работы* переводит механизм в режимы *Ход, Стоп* и *Перемотка* (обратная), а кнопка *3 Запись* коммутирует цепи универсального усилителя при переходе из режима *Запись* в режим *Воспроизведение* и обратно. Ручной регулятор уровня записи отсутствует. Его заменяет встроенный автоматический регулятор уровня записи (АРУЗ), обеспечивающий запись без заметных искажений даже при 10-кратных перепадах звукового давления. Другими словами, при уровне записи, превышающем номинальный на 20 дБ, ток записи увеличивается не более чем на 4 дБ.

Для воспроизведения записанной фонограммы достаточно движок передвинуть в положение *Ход*. Для записи необходимо перед перемещением движка нажать на кнопку *Запись*. Гнездо *2* предназначено для подключения микрофона, а гнездо *1* служит для дистанционного управления лентопротяжным механизмом. В режиме *Запись* к этому гнезду подключают цепь кнопки пуска и остановки ленты (кнопка установлена на корпусе микрофона), что дает возможность останавливать ленту в паузах записи, а в режиме *Воспроизведение* к этому гнезду подключают цепь кнопки, смонтированной в ножной педали, позволяющей останавливать и запускать ленту ногой при перепечатке воспроизводимого текста на пишущей машинке. При дистанционном управлении диктофоном движок должен быть установлен в положение *Ход*. Режим *Перемотка* можно использовать для отката ленты с целью повторения небольших отрезков фонограммы. Доступ к кассете открывается при отодвигании декоративной крышки-кожуха *5*, как показано на рис. 1. Для замены элементов питания кожух снимают совсем.

Принципиальная схема электрической части диктофона показана на рис. 2. Несмотря на простоту схемы, диктофон обеспечивает хорошее качество записи и воспроизведения фонограмм. Электрическая часть выполнена на пяти транзисторах. Усилитель собран на транзисторах $T_2 - T_4$. На транзисторе T_5 собран АРУЗ, а на транзисторе T_1 — стабилизатор напряжения питания усилителя.

Транзисторы усилителя связаны гальванически и охвачены глубокой отрицательной обратной связью по постоянному току с коллектора транзистора T_4 на базу транзистора T_2 через резисторы R_{11} и R_8. Необходимый коэффициент усиления по напряжению устанавливают подбором резистора R_{10}, который влияет на глубину обратной связи по переменному току.

Форма частотной характеристики тракта воспроизведения целиком определяется формой частотной характеристики универсальной головки в этом режиме. Никакой коррекции при воспроизведении в усилителе не

предусмотрено. В режиме *Запись* частотная характеристика скорректирована стабилизирующей *RC*-цепью $R_{12}C_5$, настроенной на высшую частоту рабочей полосы. Глубина коррекции на высшей частоте составляет 7,5 дБ. Через резистор R_{14} протекает постоянный ток подмагничивания в универсальную головку в режиме *Запись*. В этом режиме уровень выходного сигнала автоматически поддерживается постоянным. Через резистор R_{13} и конденсатор C_6 сигнал с выхода усилителя поступает на вход пикового детектора на диодах $Д_1$ и $Д_2$. На накопительном конденсаторе C_4 образуется напряжение, пропорциональное амплитуде звукового сигнала. При очень большой громкости звука транзистор T_5 открывается, его сопротивление уменьшается и шунтирует резистор R_3 в цепи нагрузки транзистора T_2. Быстродействие АРУЗ зависит от сопротивления резистора R_{13}, время восстановления усиления тракта записи по окончании звукового сигнала определяется постоянной времени разрядки конденсатора C_4 и устанавливается подбором резистора R_9.

В сталибизаторе напряжения питания вместо стабилитрона включен транзистор T_1. Напряжение стабилизации можно изменять в широких пределах подбором резистора R_1.

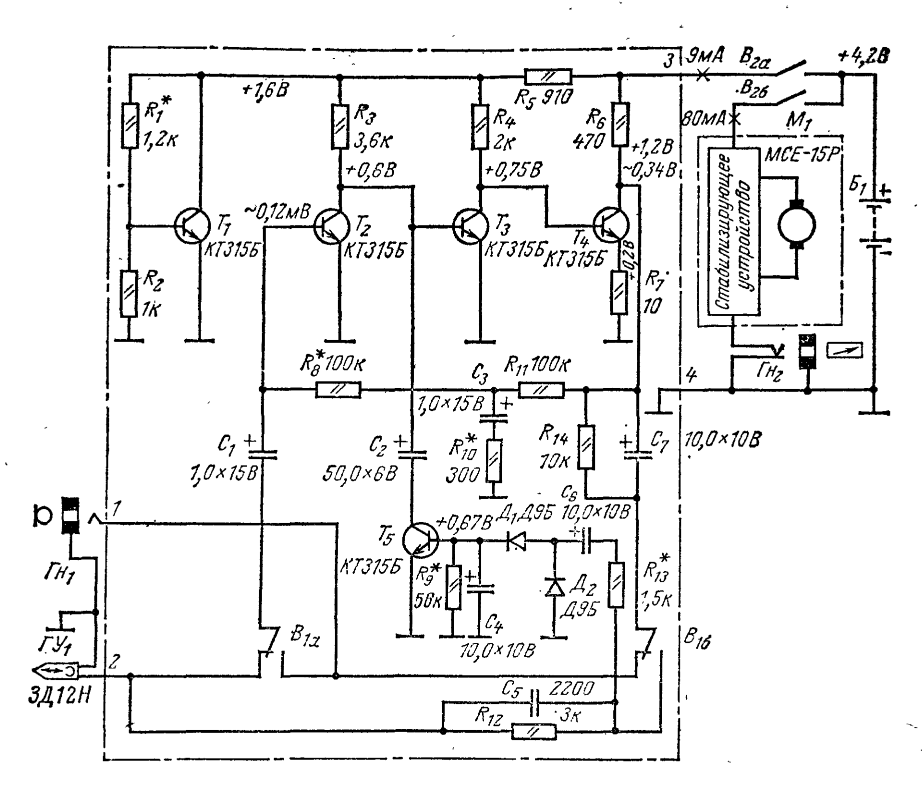
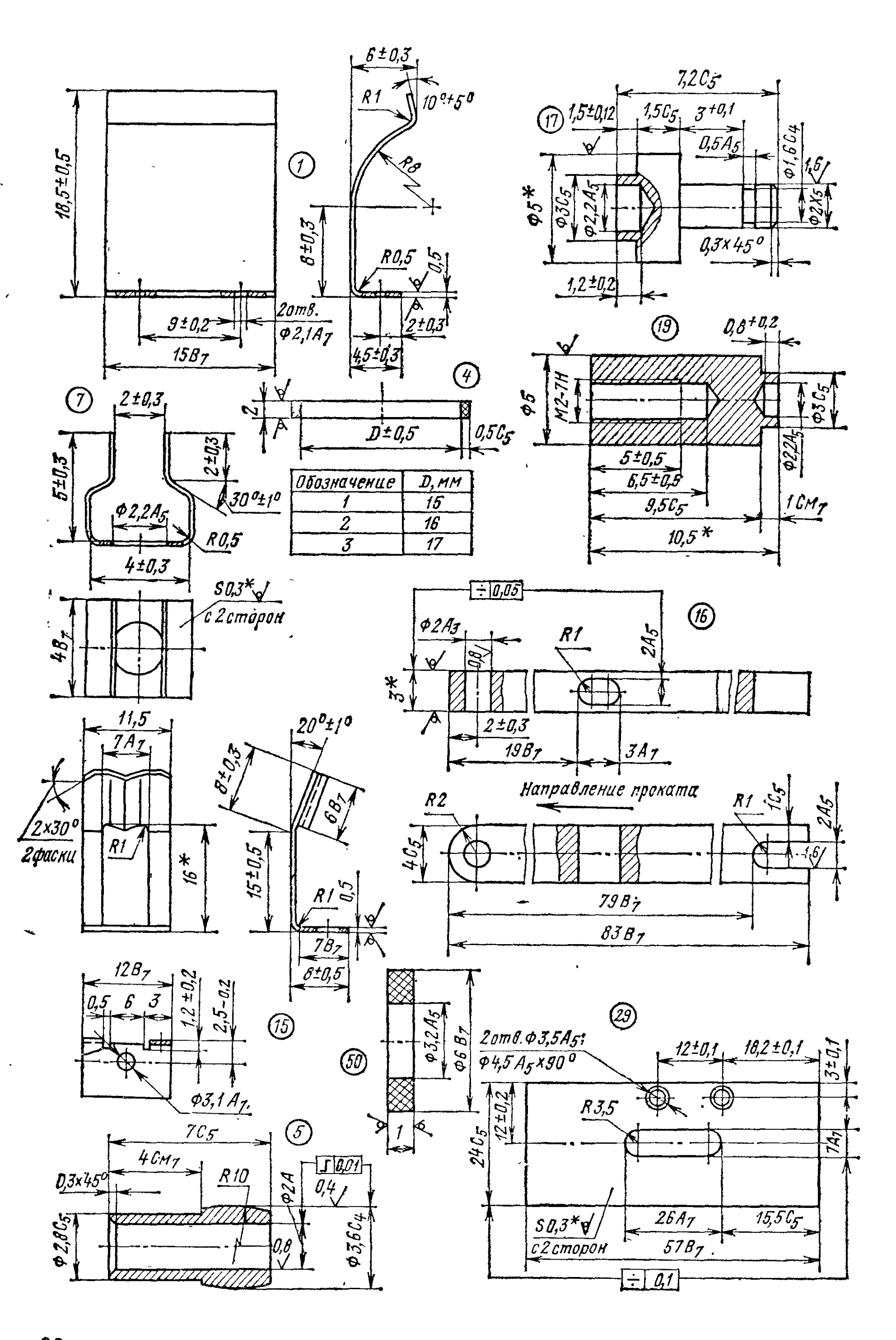


Рис. 2. Принципиальная схема диктофона (переключатель B_1 в положении *Воспроизведение*; режимы сняты авометром ТЛ-4).

Рис. 3. Чертеж печатной платы.

Рис. 4. Размещение деталей на плате.



Обозначение	D, мм
1	15
2	16
3	17

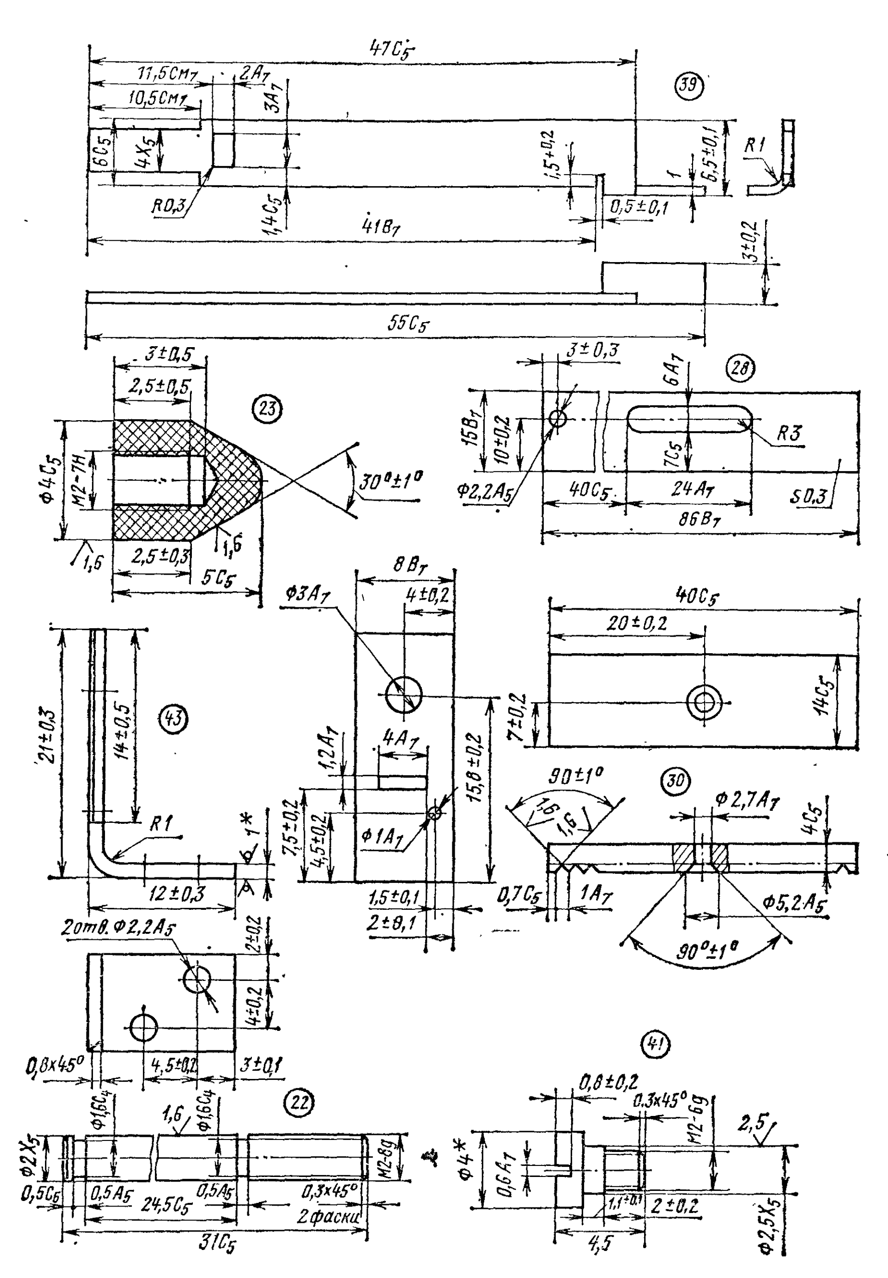
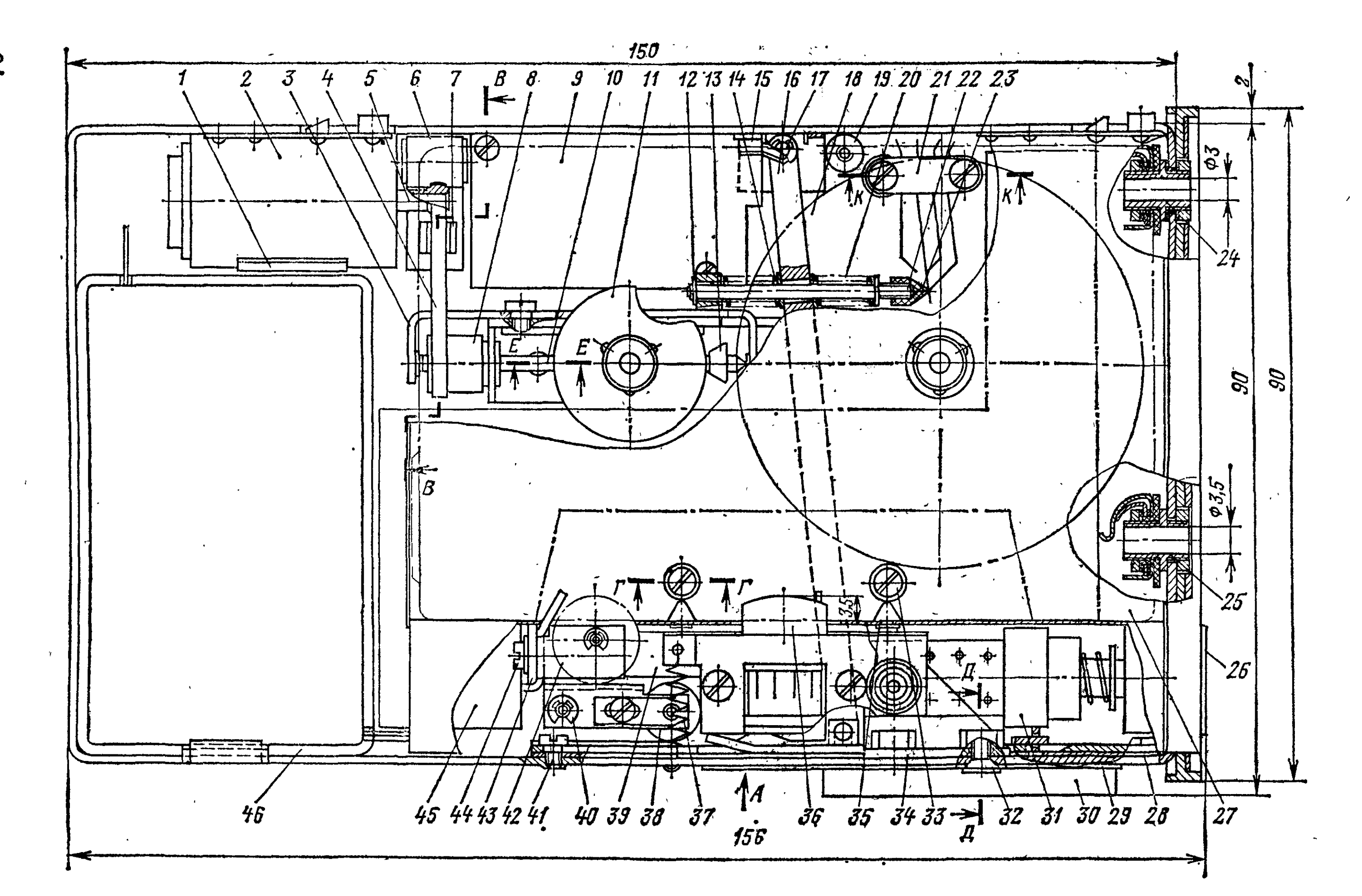


Рис. 5. Размещение узлов и деталей в корпусе диктофона.


150
1 2 3 4 5 6 7 В 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
2
Ф3
24
К
К
Е
Е
В
90
90
Ф3,5
25
Г
Г
3,5
Д
26
46
45 44 43 42 41 40 39 38 37
А
36 35 34 33
Д
32 31 30 29 28 27
156

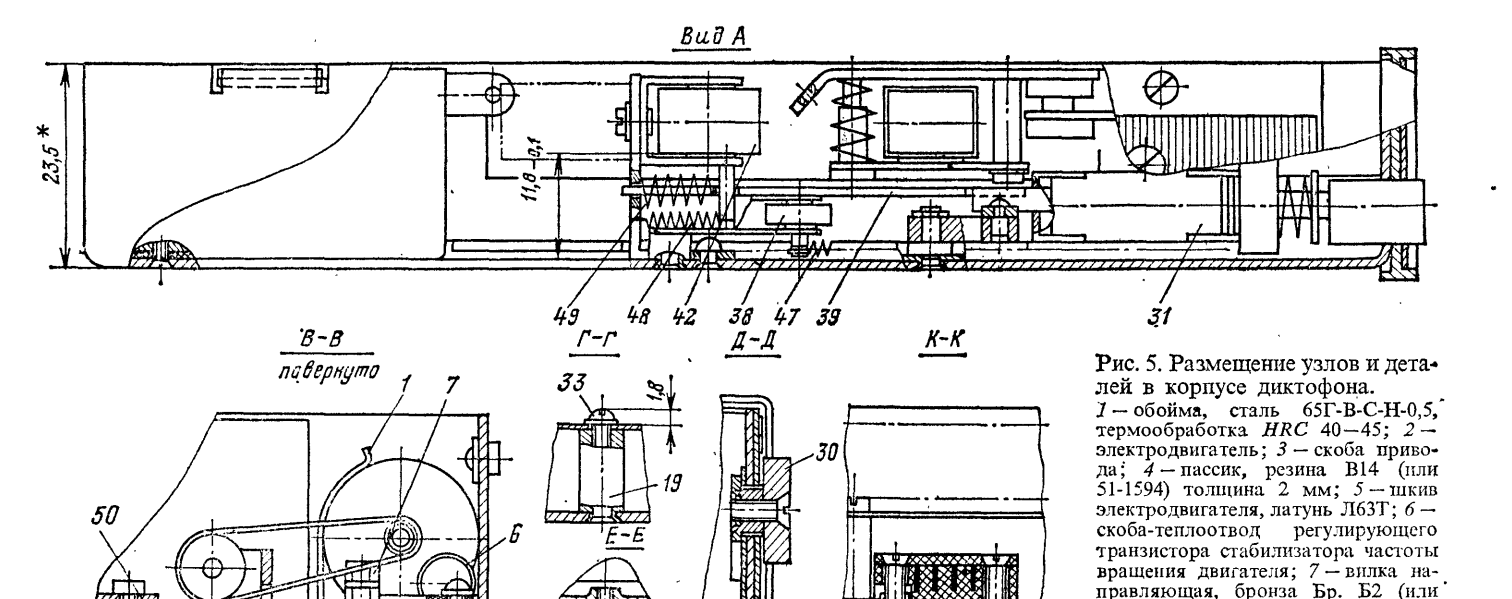


Рис. 5. Размещение узлов и деталей в корпусе диктофона.

1 — обойма, сталь 65Г-В-С-Н-0,5, термообработка *HRC* 40—45; *2* — электродвигатель; *3* — скоба привода; *4* — пассик, резина В14 (или 51-1594) толщина 2 мм; *5* — шкив электродвигателя, латунь Л63Т; *6* — скоба-теплоотвод регулирующего транзистора стабилизатора частоты вращения двигателя; *7* — вилка направляющая, бронза Бр. Б2 (или Бр. ОФ), лента толщиной 0,3 мм; *8* — шкив привода; *9* — печатная плата стабилизатора частоты вращения двигателя; *10* — вал привода; *11* — шкив левого подкассетного узла; *12, 40* — запорная шайба; *13* — насадка вала привода; *14, 20* — пружина нажимная, проволока рояльная, ∅0,4 мм, число витков 15,5 (из них рабочих витков 14), шаг 0,85 мм, наружный ∅2,3, длина 12,5 мм, *HRC* 38—42; *15* — прижимная пластина, сталь 65Г-В-С-Н-0,5, термообработка *HRC* 40—45; *16* — рычаг; сплав Д16Т, лист, толщ. 3 мм; *17* — ось рычага, латунь Л63; *18* — шкив правого подкассетного узла; *19* — стойка, латунь Л62, 3 шт.; *21* — узел контактов; *22* — тяга, сталь *20*; *23* — наконечник, капролон В1; *24, 25* — гнездо штекерное; *26* — кнопка переключателя П2К; *27* — кассета; *28* — прокладка внутренняя, латунь Л63Т, лента толщ. 0,3 мм; *29* — прокладка наружная, латунь Л63Т, лента толщ. 0,3 мм; *30* — движок переключателя рода работы, сплав Д16Т, оксидировать в черный цвет; *31* — переключатель П2К; *32* — винт крепления узла универсальной головки, М2,5 × 7, 2 шт.; *33* — винт М2 × 5, 3 шт., *34* — рейка; *35* — кассетный отсек; *36* — головка универсальная; *37* — возвратная пружина узла универсальной головки, проволока рояльная ∅0,2, число витков 8, шаг 0,9 мм, наружный ∅2,5, полная длина 11,5 мм, *HRC* 38—42; *38* — фиксатор; *39* — толкатель, листовая сталь 20; *41* — винт направляющий, латунь Л63; *42* — головка стирающая; *43* — угольник, сплав АМг2; *44* — винт М2×5; *45* — печатная плата; *46* — отсек питания; *47* — пружина фиксатора, проволока рояльная ∅0,6, число витков 6, навивка плотная, наружный ∅5; термообработка *HRC* 38—42; *48* — пружина возвратная узла стирающей головки, проволока ∅0,3, число витков 5, шаг 0,46 мм, наружный ∅2,6, полная длина 7 мм, *HRC* 38—42; *49* — пружина толкателя, проволока рояльная ∅0,3, число витков 13,5 (рабочих витков 12), шаг 1,75 мм, наружный ∅4,8, длина 21 мм, *HRC* 38—42; *50* — шайба текстолитовая, 6 шт.

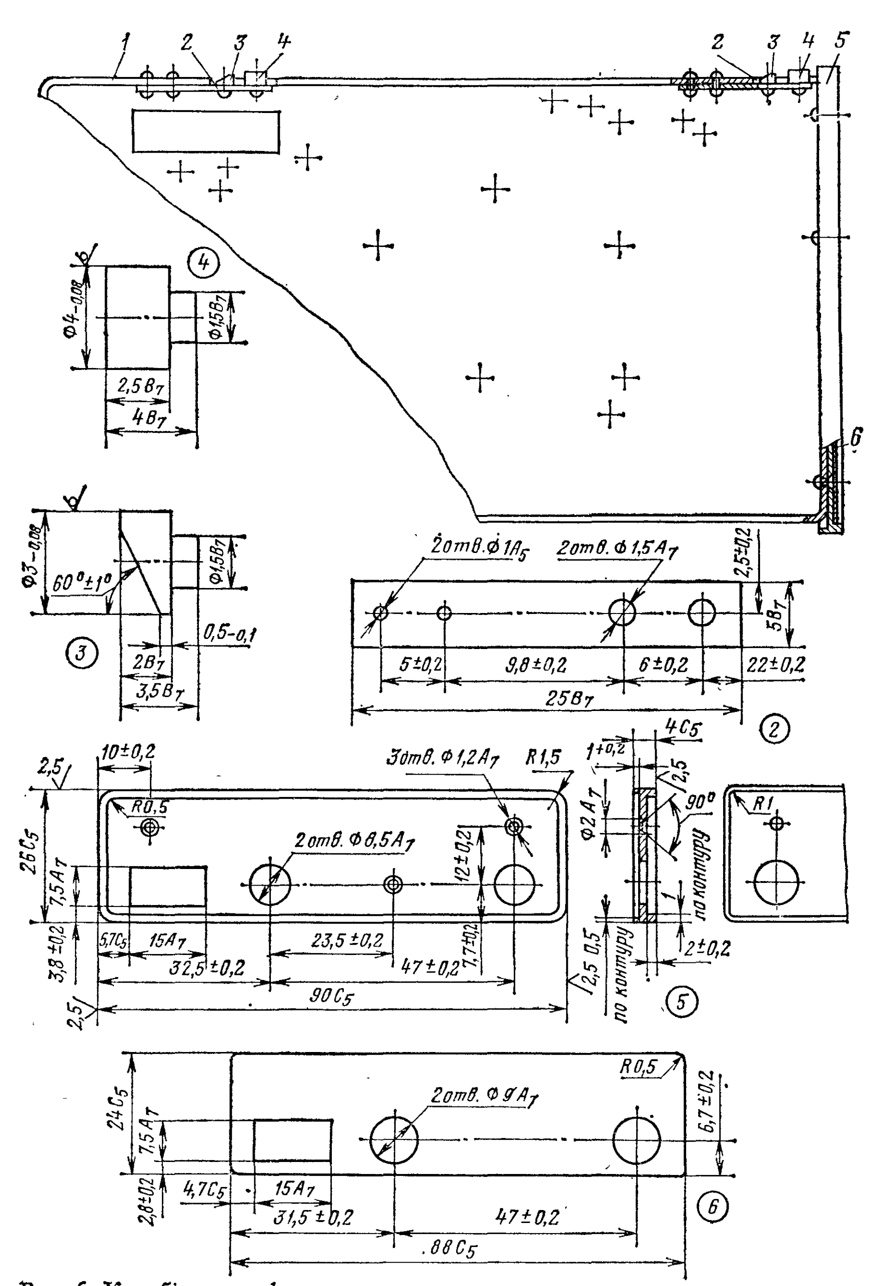
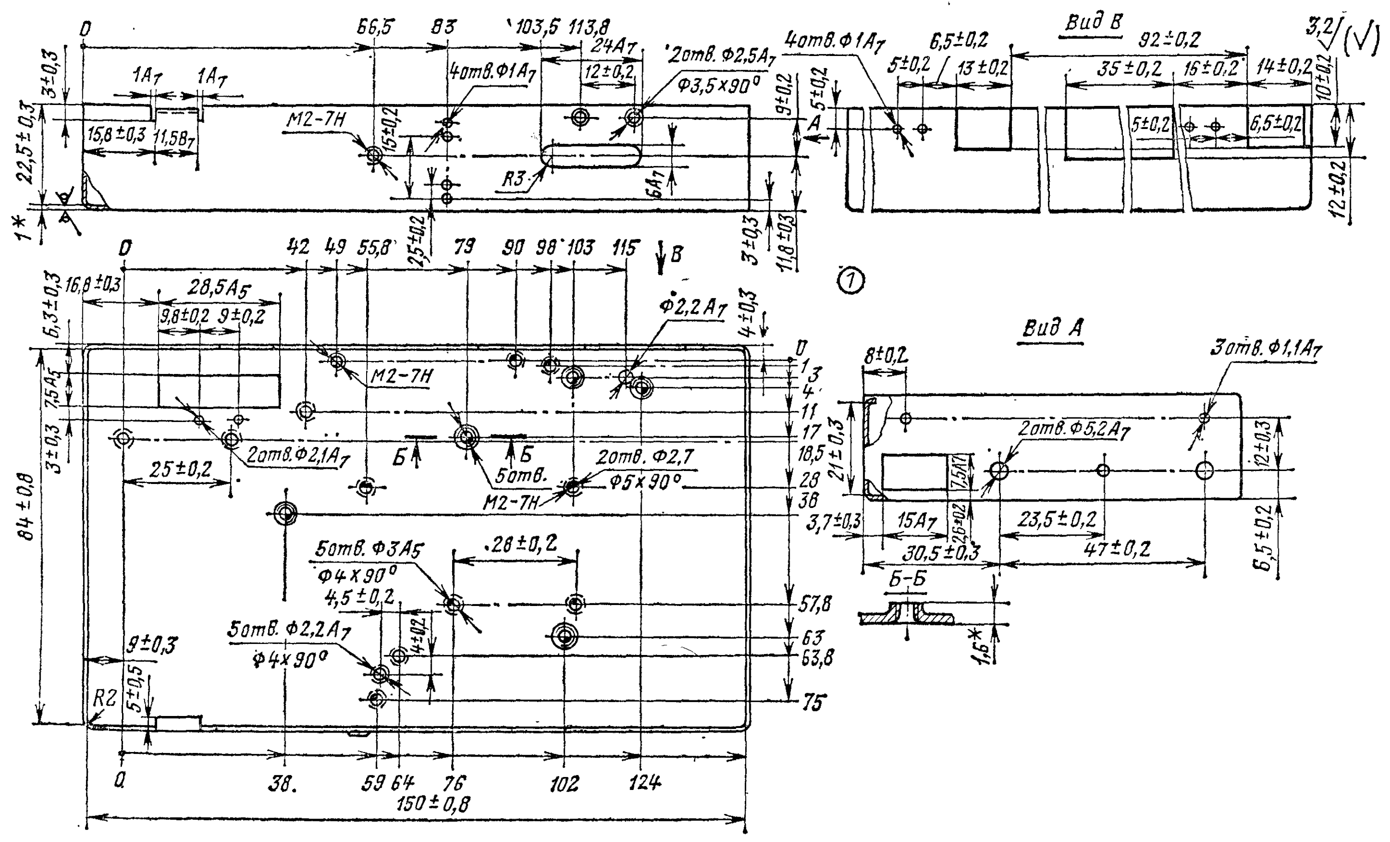


Рис. 6. Коробка диктофона.

1 — коробка, лист алюминиевый, сплав АМг2, толщ. 1 мм (все резьбовые отверстия разбортовать перед нарезанием резьбы); *2* — пружина, лента 65Г-Т-С-Н-0,25; *3* — фиксатор, латунь Л63; *4* — кнопка, латунь Л63; *5* — панель, алюминиевый сплав Д16Т; *6* — накладка, лист Д16Т — 0,5 (клеить к дет. *5* клеем БФ-4 или 88Н).



Вид В
Вид А
Б-Б
М2-7Н
4отв. Ф1A7
2отв. Ф2,5A7
Ф3,5×90°
Ф2,2A7
2отв. Ф2,1A7
5отв.
2отв. Ф2,7
Ф5×90°
5отв. Ф3A5
Ф4×90°
5отв. Ф2,2A7
3отв. Ф1,1A7
2отв. Ф5,2A7
R3
R2
1
3,2
150±0,8
84±0,8
22,5±0,3
92±0,2
28,5A5
28±0,2
25±0,2
23,5±0,2
47±0,2
30,5±0,3

Стирание ненужной записи происходит в режиме *Запись* при помощи постоянного магнита. Лента намагничивается до насыщения, а затем при огибании зазора универсальной головки размагничивается до необходимого уровня током подмагничивания.

Все элементы электрической части диктофона, кроме двигателя, смонтированы на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Выводы элементов, за исключением переключателя B_1, распаяны в отверстиях диаметром 1,3 мм, расположенных в узлах координатной сетки с шагом 2,5 мм. Чертеж печатной платы показан на рис. 3, расположение элементов на ней — на рис. 4. Все элементы, в том числе и транзисторы, установлены на печатную плату вплотную, без зазора. Отверстия, предназначенные для выводов переключателя B_1, зенкованы для плотной установки переключателя на плату.

Универсальная головка $ГУ_1$ типа 3Д12Н от кассетного магнитофона. Переключатель B_1 — П2К — на два направления. Гнезда $Г_1$ и $Г_2$ использованы от приемника «Сокол» (гнездо головного телефона). Выключатель B_2, включающий питание усилителя и двигателя в режимах *Ход* и *Перемотка*, самодельный.

В диктофоне применен двигатель МСЕ-15Р японского производства, укомплектованный параметрическим стабилизатором частоты вращения вала. Может быть применен и отечественный двигатель 2ДКС-7 с центробежным регулятором. Однако при этом несколько увеличится коэффициент детонации.

На рис. 5 показано размещение узлов и деталей диктофона. Он собран в металлической тонкостенной коробке (рис. 6) и включает в себя несколько сборочных узлов. Электродвигатель *2* (рис. 5) приводит в движение лентопротяжный механизм. Вращение вала двигателя в режимах *Ход* и *Перемотка* с помощью пассика *4* передается на вал *10* привода. Скоба *3* имеет возможность перемещаться вместе с валом вдоль его оси влево (в режиме *Перемотка*) или вправо (в режиме *Ход*). При этом входит в зацепление соответственно либо насадка *13* со шкивом *11* левого (отдающего) подкассетного узла, либо конец вала привода со шкивом *18* правого (приемного) узла, ведущего магнитную ленту.

Скобу *3* перемещает рычаг *16*, связанный с движком *30* управления. Пружины *14* и *20* предназначены для выборки люфтов и передачи усилия от рычага *16* скобе привода через тягу *22*. Наконечник *23* коммутирует контакты переключателя *21*. Вилка *7* предотвращает соскакивание пассика *4* со шкива *5* двигателя при осевом перемещении шкива *8* привода.

Рейка *34*, связанная с движком *30*, фиксируется в одном из трех положений (*Ход*, *Стоп* или *Перемотка*) роликом *38*. В свою очередь рейка фиксирует переключатель *31* в режиме *Запись*. В режиме *Ход* магнитную головку *36* рейка подводит к движущейся ленте. В остальных режимах головку отводит от ленты пружина *37*. При нажатии на кнопку *26* *Запись* шток переключателя посредством толкателя *39* поворачивает стирающую головку *42*. При этом магнитный поток головки пронизывает движущуюся ленту, «стирая» фонограмму. В исходное состояние головку возвращает пружина *48*. На стенке кассетного отсека *35* укреплены упоры для фиксации кассеты в рабочем положении. К этим упорам кассета прижата пластинчатой пружиной *15*.

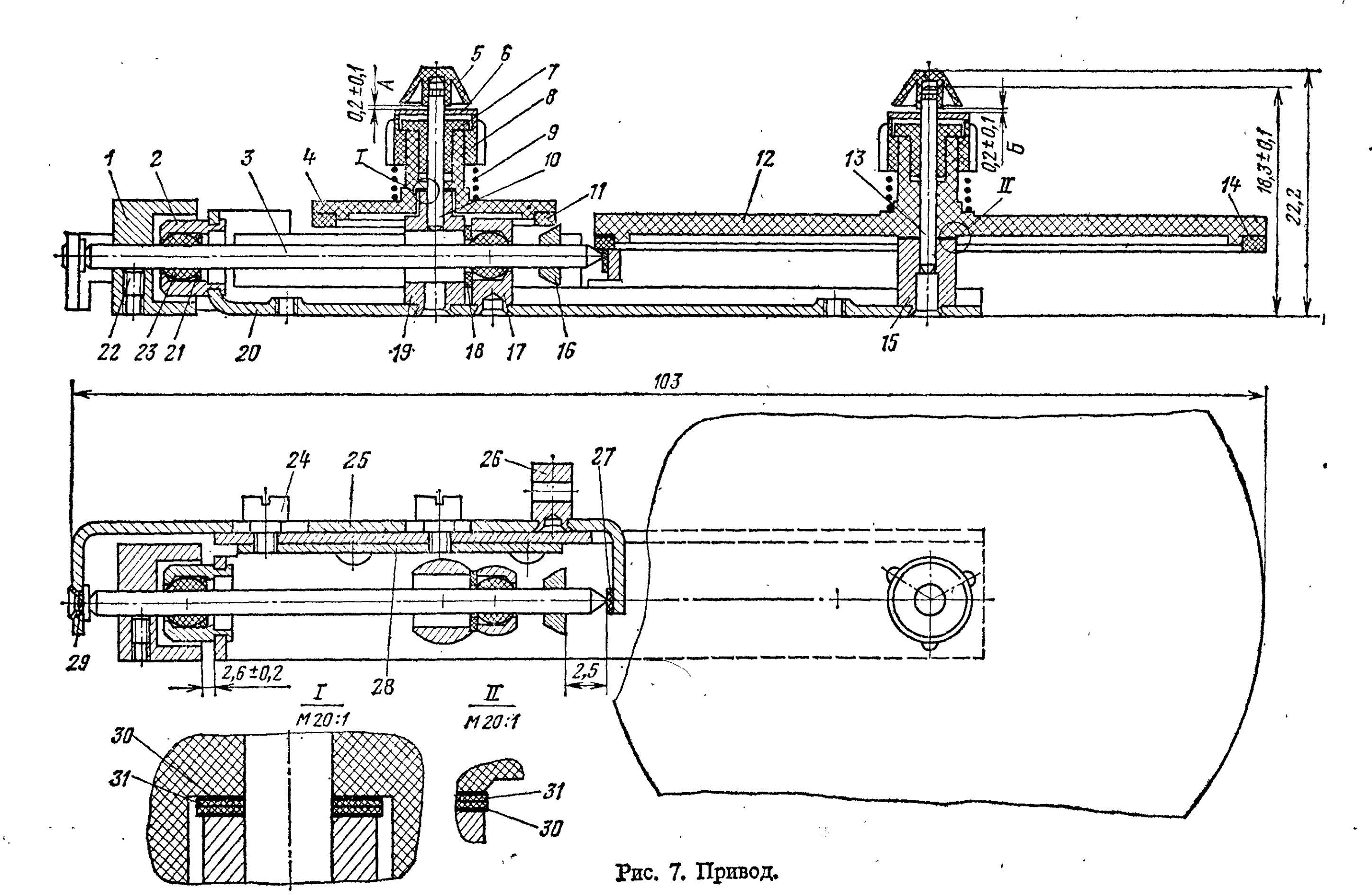

0,2±0,1
А
Б
18,3±0,1
22,2
103
2,6±0,2
2,5
I
М 20:1
II
М 20:1
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

Рис. 7. Привод.

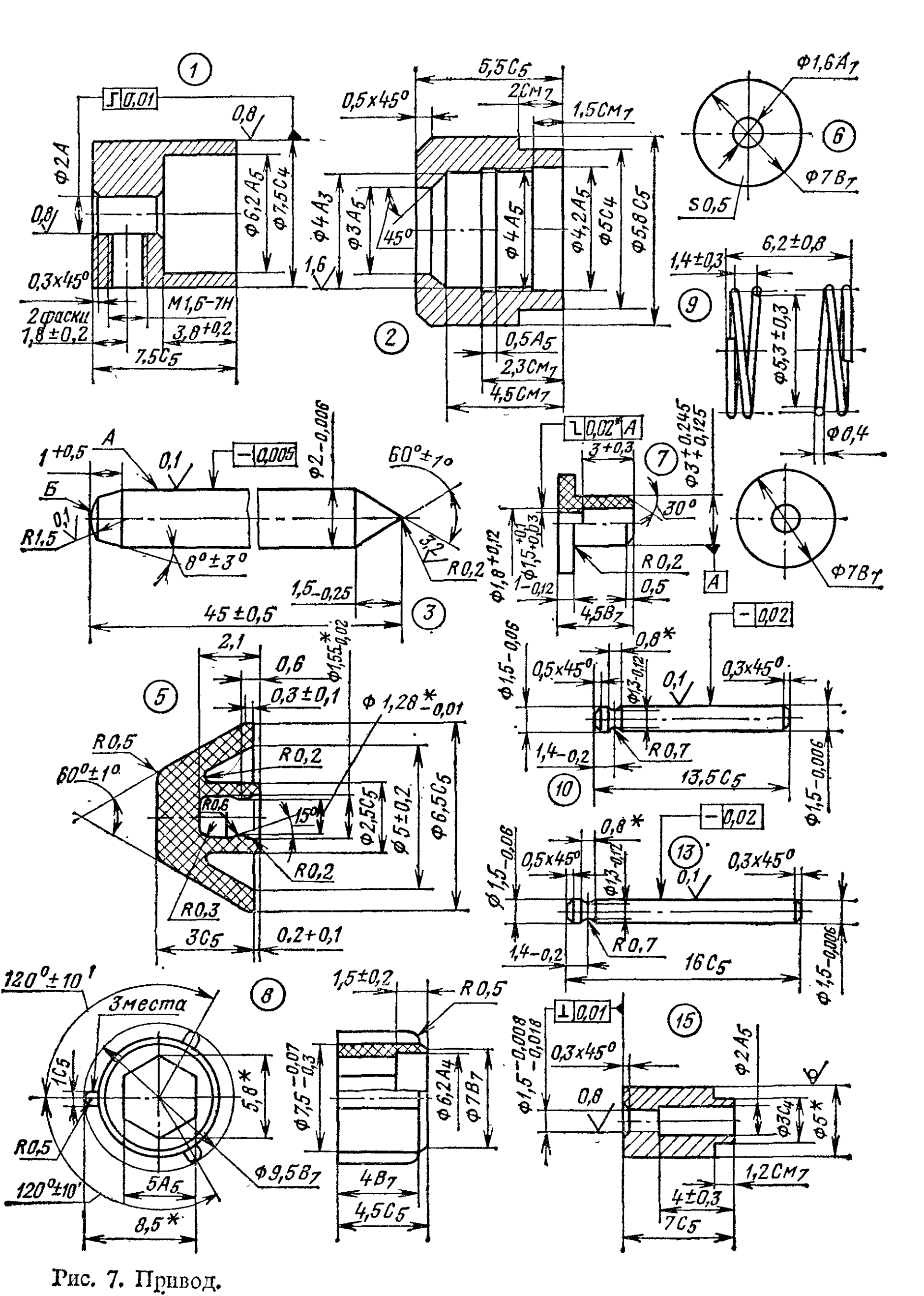


Рис. 7. Привод.

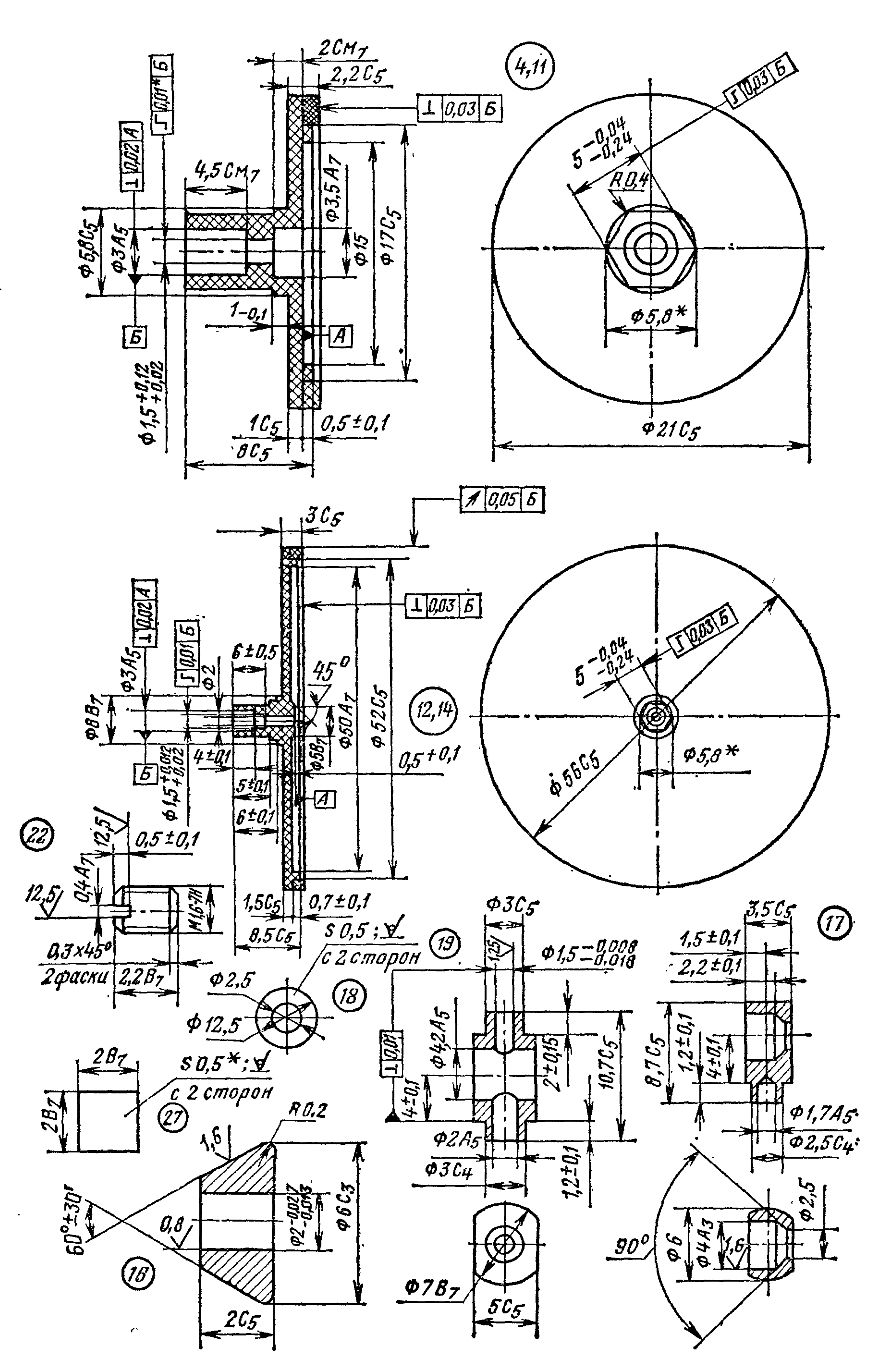
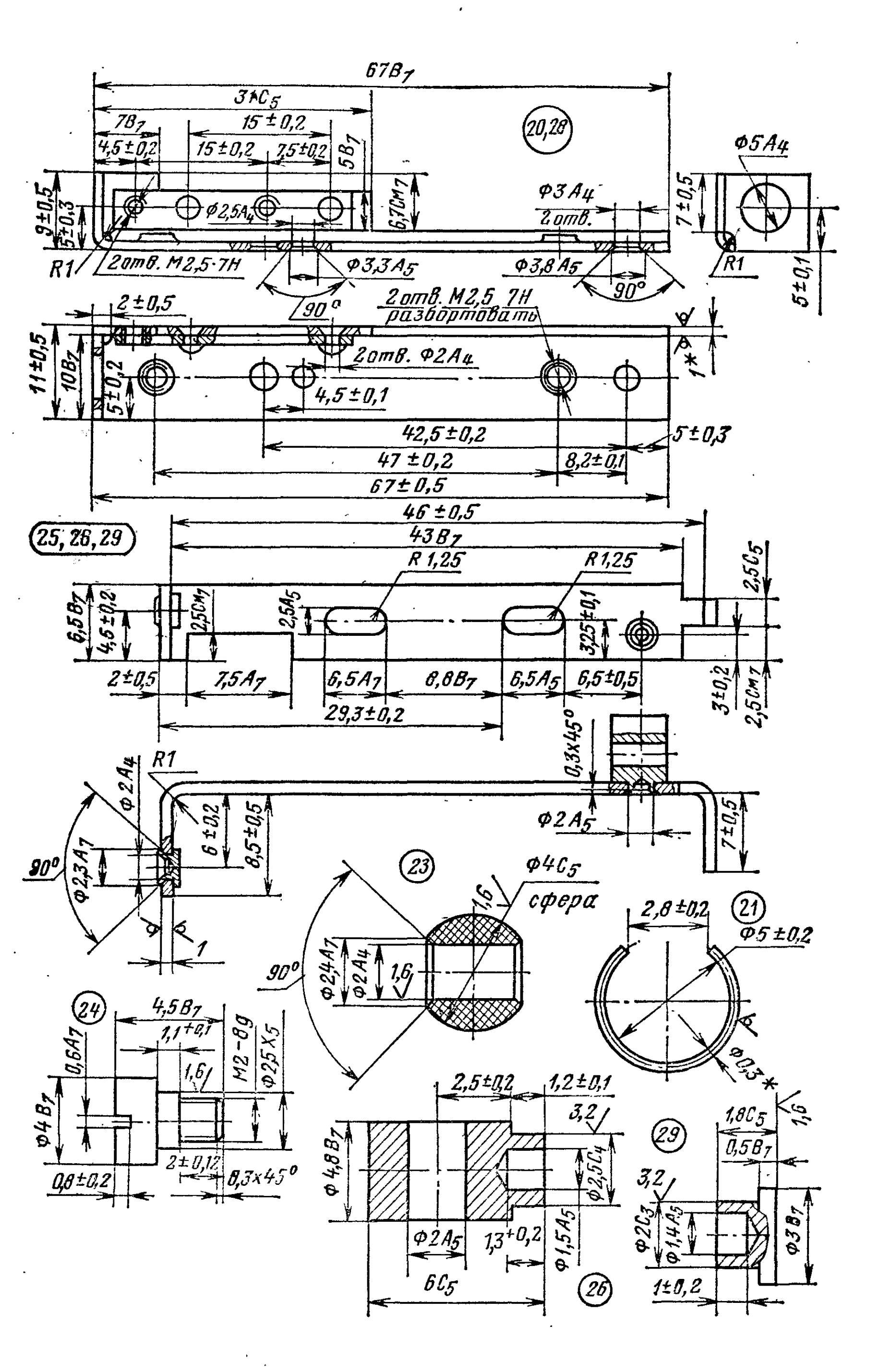


Рис. 7. Привод.



Наиболее ответственным узлом диктофона, передающим движение от двигателя к ленте, является привод. Его сборочный чертеж показан на рис. 7. От шкива *1* при помощи вала *3* и насадки *16* движение передается шкиву *4* или *12* в зависимости от положения скобы *25*. Необходимое зацепление в фрикционных парах обеспечивается усилием пружин *9*. Плавающий фиксатор *8* является связующим звеном между шкивом и сердечником кассеты, на который намотана магнитная лента. Подкассетные узлы вращаются вокруг осей *10* и *13*, запрессованных в стойки *19* и *15*. Стойки развальцованы в отверстиях основания *20* привода.

Подкассетные узлы фиксированы на осях при помощи колпаков *5*. Зазоры *А* и *Б* обеспечивают установкой набора прокладок *30* и *31*. Шайба *6* замыкает усилие пружины *9* на колпак *5* в том случае, когда узел ведет ленту. При свободном же вращении узла усилие пружины принимает на себя упор *7*, благодаря чему образуется необходимый осевой зазор *А* (*Б*). Вал *3* установлен в подшипниках *23*, закрепленных один в гнезде *2*, а второй — в стойке *17*. Первый из них зафиксирован пружинным кольцом *21*, второй — шайбой *18*. Шкив *1* закреплен на валу *3* стопорным винтом *22*. Пластина *28* приклепана к основанию *20* для увеличения длины резьбы под винты *24*, которые объединяют в один узел скобу *25* и основание *20*. Ушко *26* развальцовано на скобе *25*. При помощи этого ушка скоба перемещается вдоль оси привода. Упор *29* и прокладка *27* образуют с валом *3* антифрикционные пары. Осевой зазор вала устраняют подбором толщины прокладки *27*.

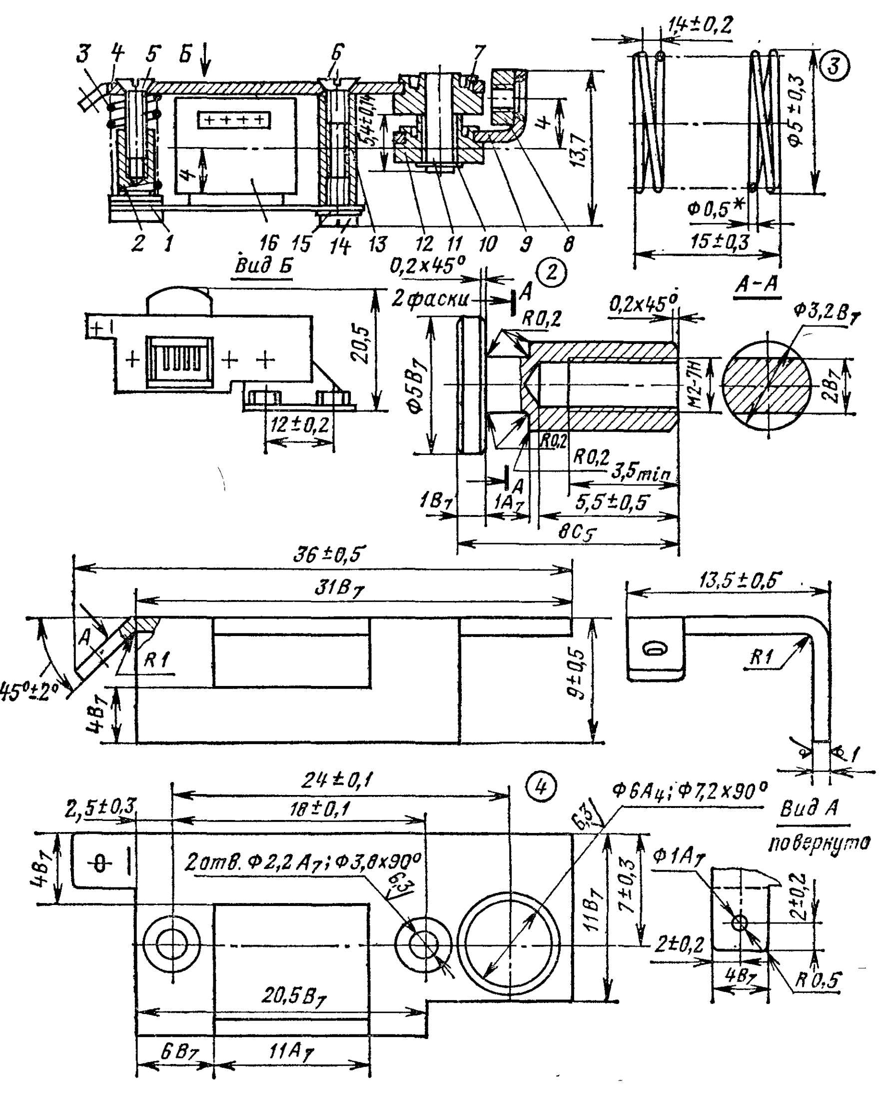
Узел универсальной магнитной головки показан на рис. 8. Головка *16* укреплена на угольнике *4* при помощи резьбовой стойки *13* и винтов *6* и *14*. В паз основания головки вставлен наконечник *2*, для чего в нижней его части прорезаны щлицы. Винтом *5* регулируют положение головки относительно направления движения ленты. На наконечник надета отжимная пружина *3*. Шлицы на наконечнике предотвращают его вращение при завинчивании винта *5*.

Рис. 7. Привод.

1 — шкив, латунь ЛС-59-1; *2* — гнездо, латунь ЛС 59-1; *3* — вал, сталь ХВГ, калить *HRC* 58—63, овальность поверхности *А* — не более 0,003 мм, радиальное биение сферы *Б* — не более 0,3 мм (можно использовать ведущий вал от магнитофонов «Электроника-302» или «Парус»); *4* — шкив малый, капролон В1; *5* — колпак от магнитофона «Электроника-302», 2 шт.; *6* — шайба упорная, гетинакс толщ. 0,5 мм, 2 шт.; *7* — упор, капролон В1, 2 шт.; *8* — фиксатор (использован с доработкой фиксатор от магнитофона «Электроника-302»), 2 шт.; *9* — пружина, проволока рояльная, ∅0,4, полное число витков 5,5; рабочее — *4*, отпуск при температуре 260—300° С, 2 шт.; *10* — ось левая, сталь ХВГ, калить *HRC* 51—56, *11* — кольцо резиновое малое, резина 2Т-М (или В-14), клеить клеем ПУ-2 или 88Н к детали *4*, обрабатывать совместно на отв. ∅3$А_5$; *12* — шкив большой, капролон В1; *13* — ось правая, сталь ХВГ, калить *HRC* 51—56, *14* — кольцо резиновое большое, резина 2Т-М (или В-14), клеить клеем ПУ-2 или 88Н к детали *12*, обрабатывать совместно на отв. ∅3$А_5$; *15* — стойка, правая, латунь Л63; *16* — насадка, латунь Л63; *17* — стойка подшипника, латунь Л63; *18* — шайба фиксирующая, фторопласт; *19* — стойка левая, латунь Л63; *20* — основание привода, листовая сталь 20; *21* — пружинное кольцо, проволока рояльная, ∅0,3; *22* — винт стопорный, сталь 20; *23* — подшипник, капролон В1, 2 шт.; *24* — винт специальный, латунь ЛС 59-1, 2 шт.; *25* — скоба, листовая сталь 20; *26* — ушко, сталь 20; *27* — прокладка, гетинакс, клеить к дет. *25* клеем 88Н; *28* — пластина, сталь 20, клепать к дет. *20*, обрабатывать совместно; *29* — упор, латунь Л63; *30* — шайба, бронза Бр. ОФ, толщ. 0,1 мм, 4 шт.; *31* — шайба, фторопласт, толщ. 0,04 мм, 10 шт.

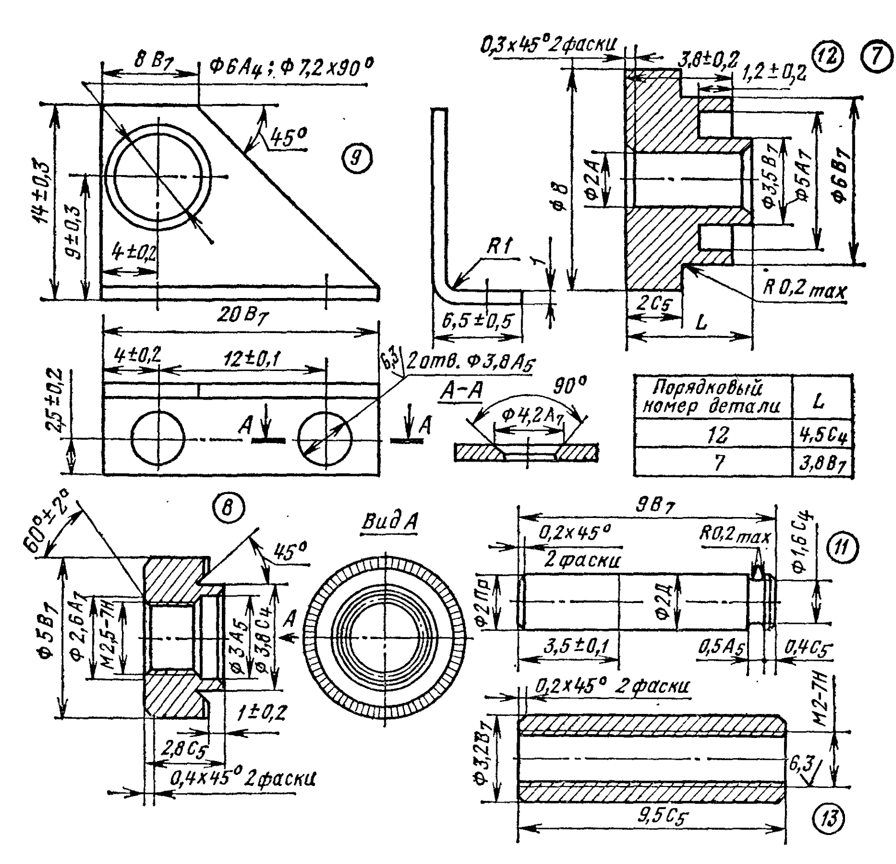
Угольник *4* шарнирно соединен с кронштейном *9* при помощи втулок *7* и *12* и оси *11*. Втулка *7* развальцована на угольнике *4*, а втулка *12* – на кронштейне *9*. Ось *11* запрессована во втулку *7* и свободно вращается во втулке *12*. Шарнир замыкается запорной шайбой *10*. На кронштейне *9* развальцованы две резьбовые втулки *8*, при помощи которых весь узел крепят на передней стенке коробки диктофона. Таким образом, конструкция узла позволяет отводить головку от ленты в режиме *Перемотка*.

Переключатель рода работы (рис. 9) состоит из рейки *1*, которая управляет механизмом диктофона, планки *3*, фиксирующей нажатую



кнопку *Запись* в режиме *Ход* механизма, штифта 2, передающего усилие управления на узел привода, и резьбовой втулки 5, к которой привинчен движок *Род работы*. Планка 3 приклепана к рейке 1 пустотелыми заклепками 4.

Узел фиксатора (рис. 10) предназначен для фиксации переключателя *Род работы* в положениях *Ход, Стоп* или *Перемотка*. Ролик 7 вращается вокруг оси 5, установленной в скобе 6. Ось фиксирована пластиной 4, входящей в канавку на оси (вторая канавка, нижняя на рис. 10, предназначена для пружины, прижимающей ролик к рейке переключателя рода работы, см. рис. 5). Пластина 4



Порядковый номер детали	L
12	4,5C4
7	3,8B7

Рис. 8. Узел универсальной головки.

1 — шайба 6×3, 5×0,5, сталь; *2* — наконечник, латунь ЛС 59-1; *3* — пружина, рояльная проволока ∅0,5 (полное число витков 11,5, рабочее — 10), отпуск при температуре 260—300° С; *4* — угольник, лист. сталь 20 (обработка выступа 11 B_7 — после сверления отверстий); *5* — винт М2×7; *6* — винт М2×5; *7* — втулка, латунь Л63; *8* — резьбовая втулка М2,5, сталь 20, 2 шт.; *9* — кронштейн, лист. сталь 20 (обработка по внешнему контуру — после сверления отверстий); *10* — шайба запорная, сталь; *11* — ось, сталь У8, калить *HRC* 50—55; *12* — втулка, латунь Л63; *13* — резьбовая стойка, латунь Л63; *14* — винт, М2×5; *15* — шайба, сталь; *16* — головка магнитная универсальная.

застопорена винтом *3* с гайкой *9*. Скоба *6* может поворачиваться вокруг оси *1*. Ось *1* развальцовывают в отверстии в коробке диктофона при сборке. Осевое перемещение ролика *7* в скобе *6* ограничено набором шайб *8*.

Переключатель *Запись — Воспроизведение* (B_1 на рис. 2) смонтирован на печатной плате усилителя диктофона. Переключатель изготовлен из стандартного переключателя П2К. Изменения (рис. 11) внесены в фиксатор *1* и переднюю обойму *3*. Задняя обойма *2* изготовлена заново. Остальные детали переключателя оставлены без изменений.

При нажатии на кнопку переключателя шток фиксируется фиксатором *1* только тогда, когда рейка переключателя рода работы

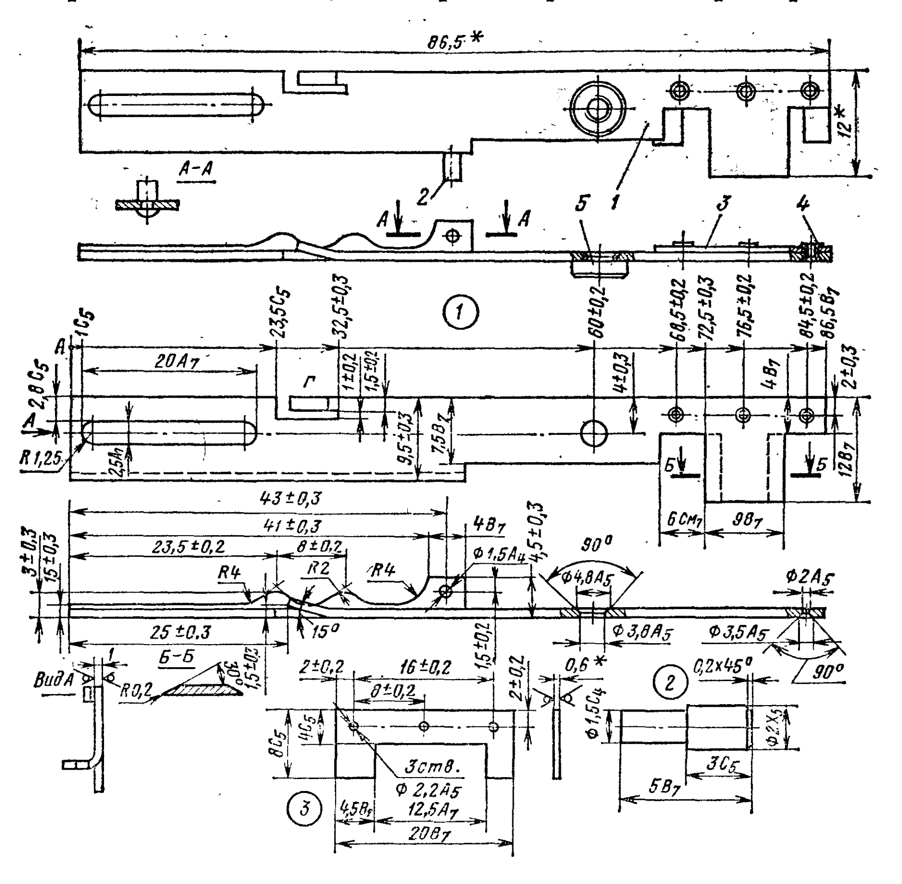


Рис. 9. Узел переключателя рода работы.

1 — рейка, лист. сталь 20 (обработка и сверловка — после гибки); *2* — штифт, сталь 20 (расклепать на дет. *1*); *3* — планка, сталь 20; *4* — заклепка (пистон), 3 шт.; *5* — резьбовая втулка М2,5, сталь 20.

(см. рис. 5 и 9) установлена в положение *Ход* или *Перемотка*. В этом случае планка, приклепанная к рейке, входит в паз фиксатора *1* переключателя П2К. (То же самое происходит и в режиме *Перемотка*. Такая механическая взаимосвязь делает возможным включение режима *Запись* только из режима *Стоп* и исключает случайное стирание фонограммы в режимах *Воспроизведение* и *Перемотка* – в этих режимах кнопка *Запись* заблокирована.) При установке переключателя рода работы снова в положение *Стоп* рейка освобождает фиксатор *1* (рис. 11) и шток переключателя с кнопкой устанавливаются в исходное положение, соответствующее режиму *Воспроизведение*.

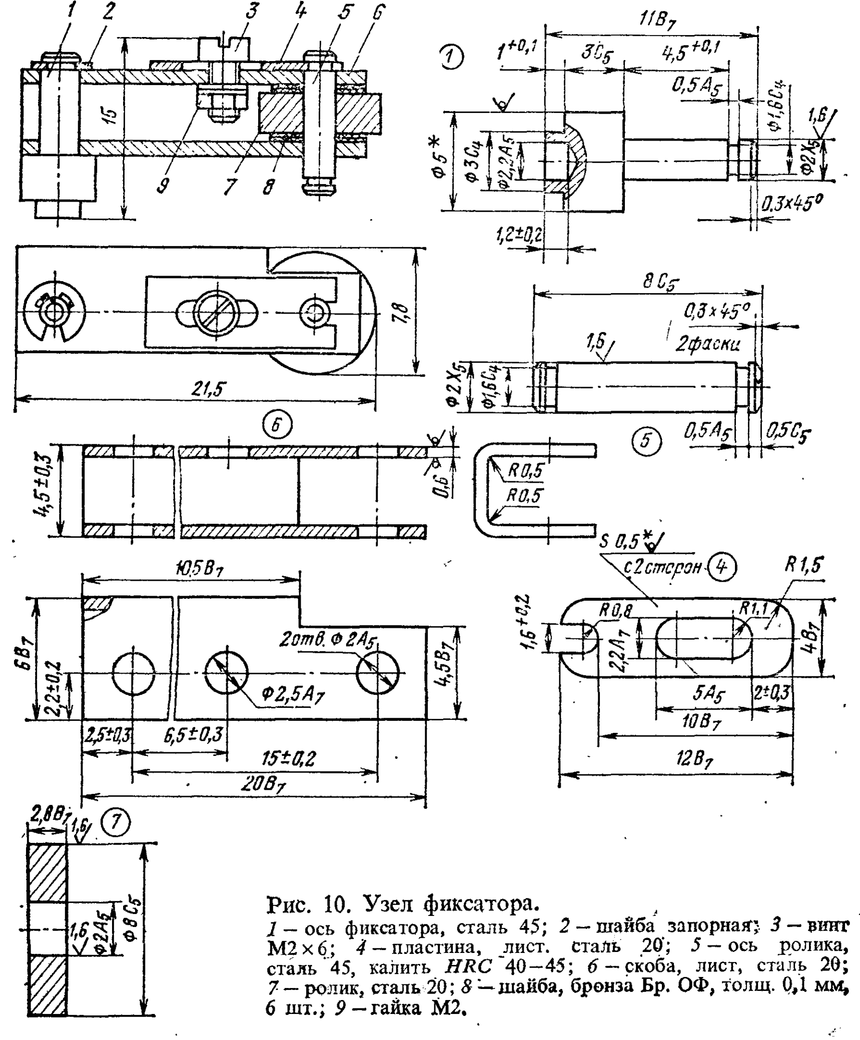


Рис. 10. Узел фиксатора.
1 – ось фиксатора, сталь 45; *2* – шайба запорная; *3* – винт М2×6; *4* – пластина, лист. сталь 20; *5* – ось ролика, сталь 45, калить *HRC* 40–45; *6* – скоба, лист, сталь 20; *7* – ролик, сталь 20; *8* – шайба, бронза Бр. ОФ, толщ. 0,1 мм, 6 шт.; *9* – гайка М2.

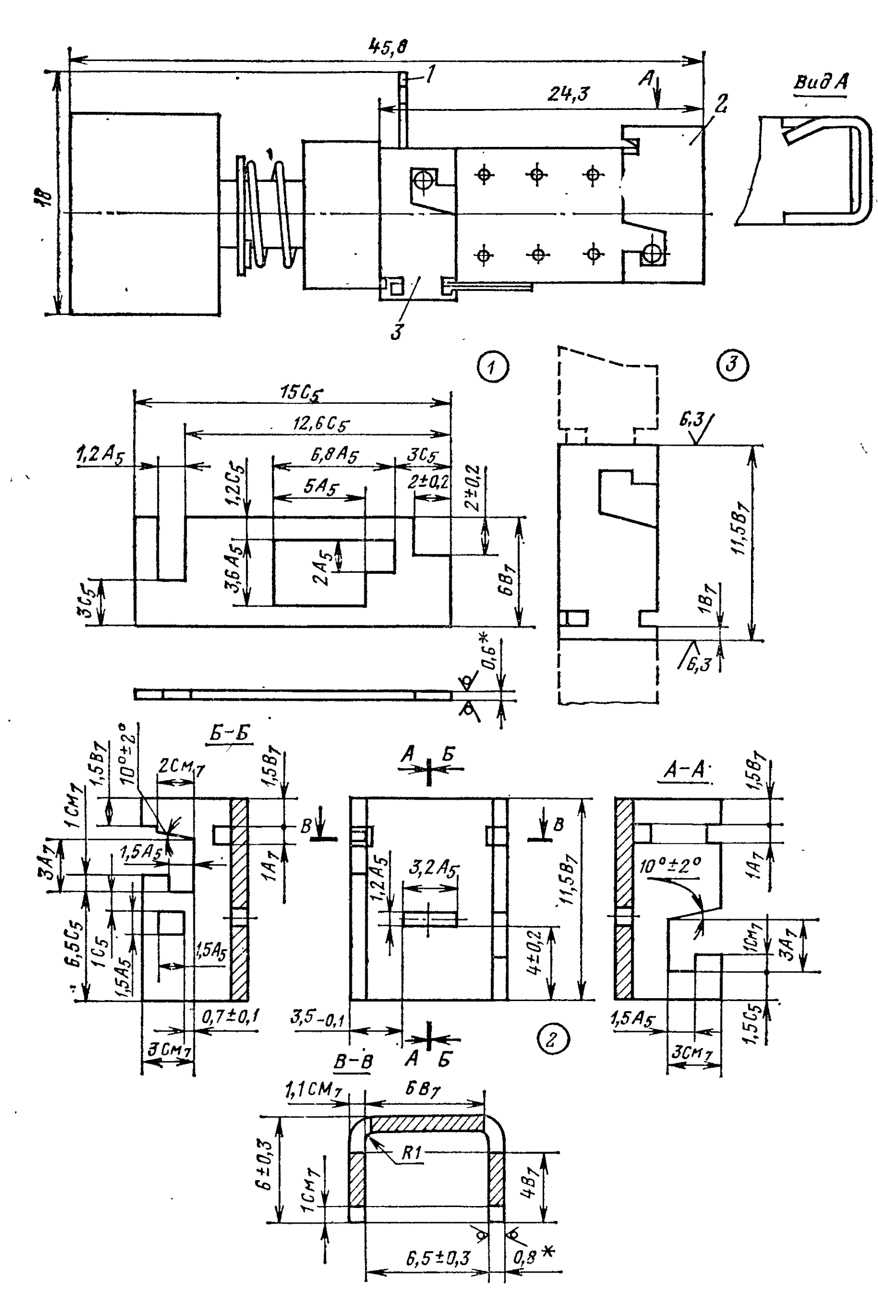


Рис. 11. Переключатель *Запись — Воспроизведение.*
1 — фиксатор; *2* — обойма задняя, лист, сталь 20; *3* — обойма передняя.

Фиксатор *1* изготавливают из листовой стали 20 толщиной 0,6 мм и пропиливают паз 1,2 A_5. Передняя обойма *3* отрезана от стандартной обоймы блока переключателей П2К. Задняя обойма *2* изготовлена из листовой стали толщиной 1,1 мм. Остальные детали применены от стандартных переключателей П2К. Кнопка *Запись* красного цвета, ее длина 14,5 мм.

Устройство узла стирающей головки показано на рис. 12. Магнит *5* вклеен в цилиндрический ролик *1*, вращающийся на оси *6*. Ось установлена в скобе *3* и зафиксирована запорными шайбами *2*. Штифт *7*, запрессованный в тело ролика *1*, пропущен через дугообразный паз в скобе *3*. При помощи штифта осуществляется управление стирающей головкой в режиме *Запись*. Магнит *5* представляет собой брусок из магнитотвердого сплава (например, ЮНДК-15). Подбирая нужное число прокладок *4*, совмещают верхний край магнита *5* с горизонтальной плоскостью, рассекающей пополам ширину лентонаправляющей прорези в скобе *3* (размер $3{,}81^{+0{,}05}$).

Узел контактов (рис. 13) предназначен для включения питания двигателя и усилителя. В пазы пластмассового корпуса *1* установлены на клею БФ-2 пружинные контакты *2*, *3*, *4* и *5* вырезом наружу и прижаты планкой *6*, фиксированной винтом *7*. Контакты *2* и *3* — нормально замкнутые. Они включают двигатель в режиме *Перемотка*. В режиме *Стоп* контакт *3* устанавливается в нейтральное положение (показанное штриховой линией), а в режиме *Ход* замыкается с контактами *4* и *5*, подавая напряжение питания на двигатель и усилитель. Перемещением контакта *3* узла управляет наконечник *23* (см. рис. 5).

Отсек питания (рис. 14) предназначен для размещения гальванических элементов и предохранения механизма от попадания электролита в случае его вытекания из батареи при их глубокой разрядке или длительном хранении. В пластмассовом корпусе *1* закреплены контактные пластины *3*, *4* и *6*. Лента *7* из тесьмы, прикрепленная к дну корпуса *1* пластиной *2*, служит для извлечения элементов *5* из корпуса. Пластину *2* устанавливают в отсек питания при монтаже его в коробку диктофона. Винты, фиксирующие эту пластину, одновременно крепят и отсек питания. Пластины *3*, *4* и *6* приклепаны к боковым стенкам пустотелыми заклепками. Головки заклепок утоплены в стенку отсека и покрыты изоляционным лаком (или эмалью).

Кассетный отсек (рис. 15) предохраняет механизм от поломки и попадания посторонних предметов и является направляющим элементом при установке кассеты в диктофон. Отсек согнут из листовой стали толщиной 0,2—0,3 мм и пропаян на стыках для большей жесткости. Упоры, выточенные из стали 20, развальцованы в отверстиях передней стенки отсека. Они фиксируют кассету в процессе работы диктофона.

Несколько слов об особенностях изготовления некоторых деталей механизма (см. рис. 5).

Пассик *4* изготовлен самостоятельно. В патроне токарного станка фиксируют круг из фанеры и торцуют его. Затем, не снимая круга, к нему приклеивают резиновым клеем квадратный отрезок листовой резины средней твердости толщиной 2 мм. Острым скальпелем, установленным в резцедержатель станка, делают несколько кольцевых прорезов в резине на всю толщину с шагом 0,5 мм. Полученные та-

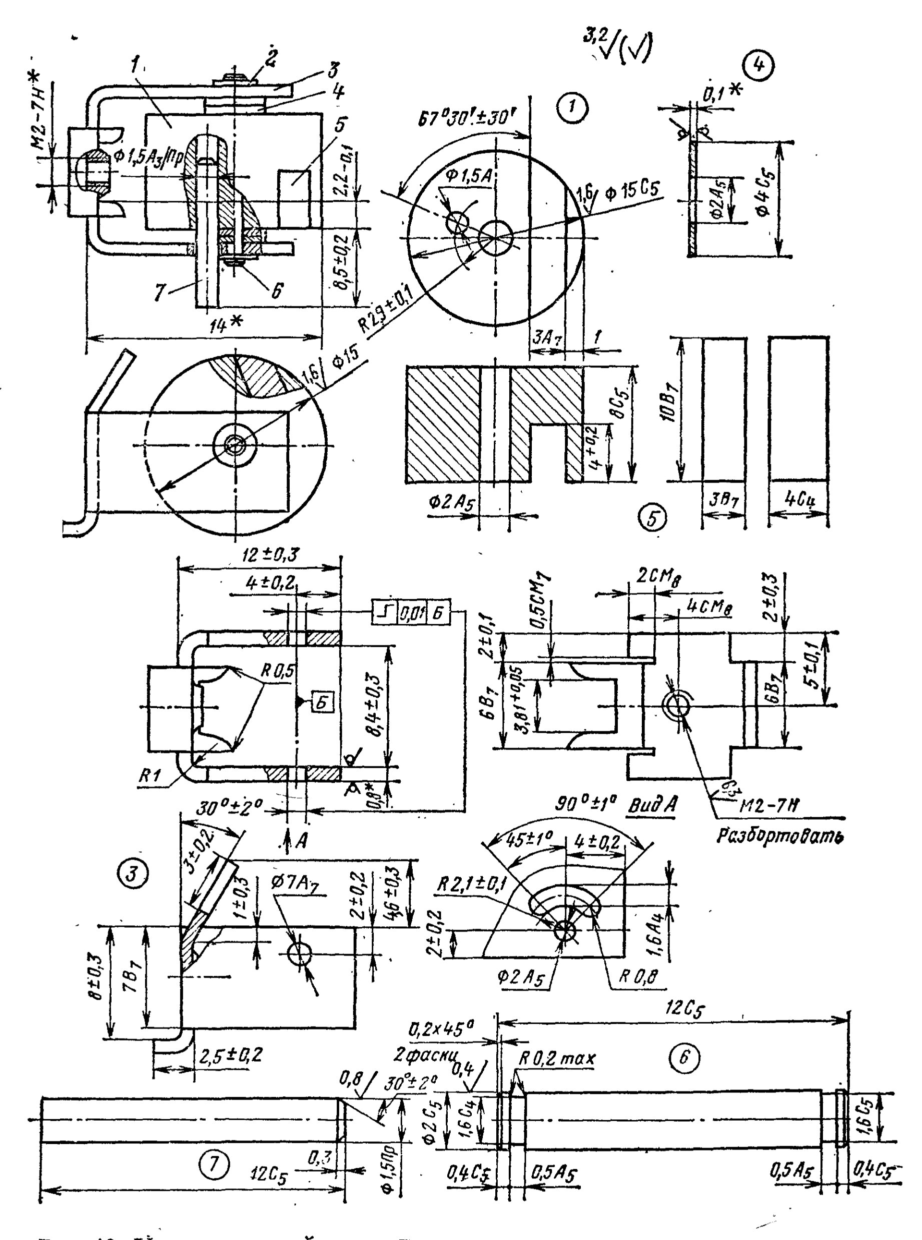


Рис. 12. Узел стирающей головки.

1 — ролик, латунь ЛС63Т; *2* — запорная шайба, 2 шт.; *3* — скоба, лист. латунь Л63; *4* — шайба, латунь Л63Т, лента толщ. 0,1 мм, 6 шт.; *5* — магнит (обрабатывать после вклейки клеем БФ-2 в дет. *1*); *6* — ось, сталь У8А, калить *HRC* 50—55; *7* — штифт, проволока стальная.

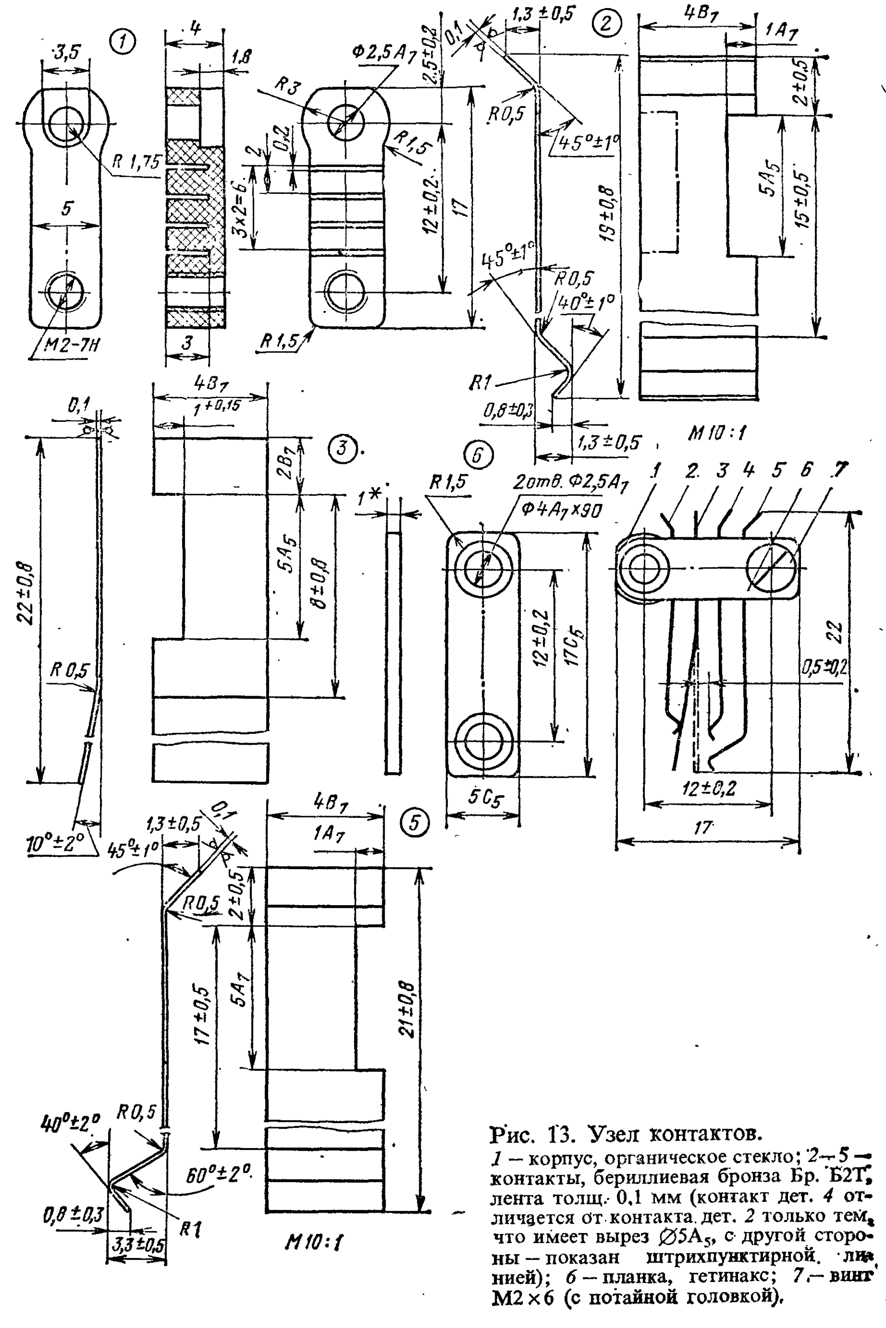
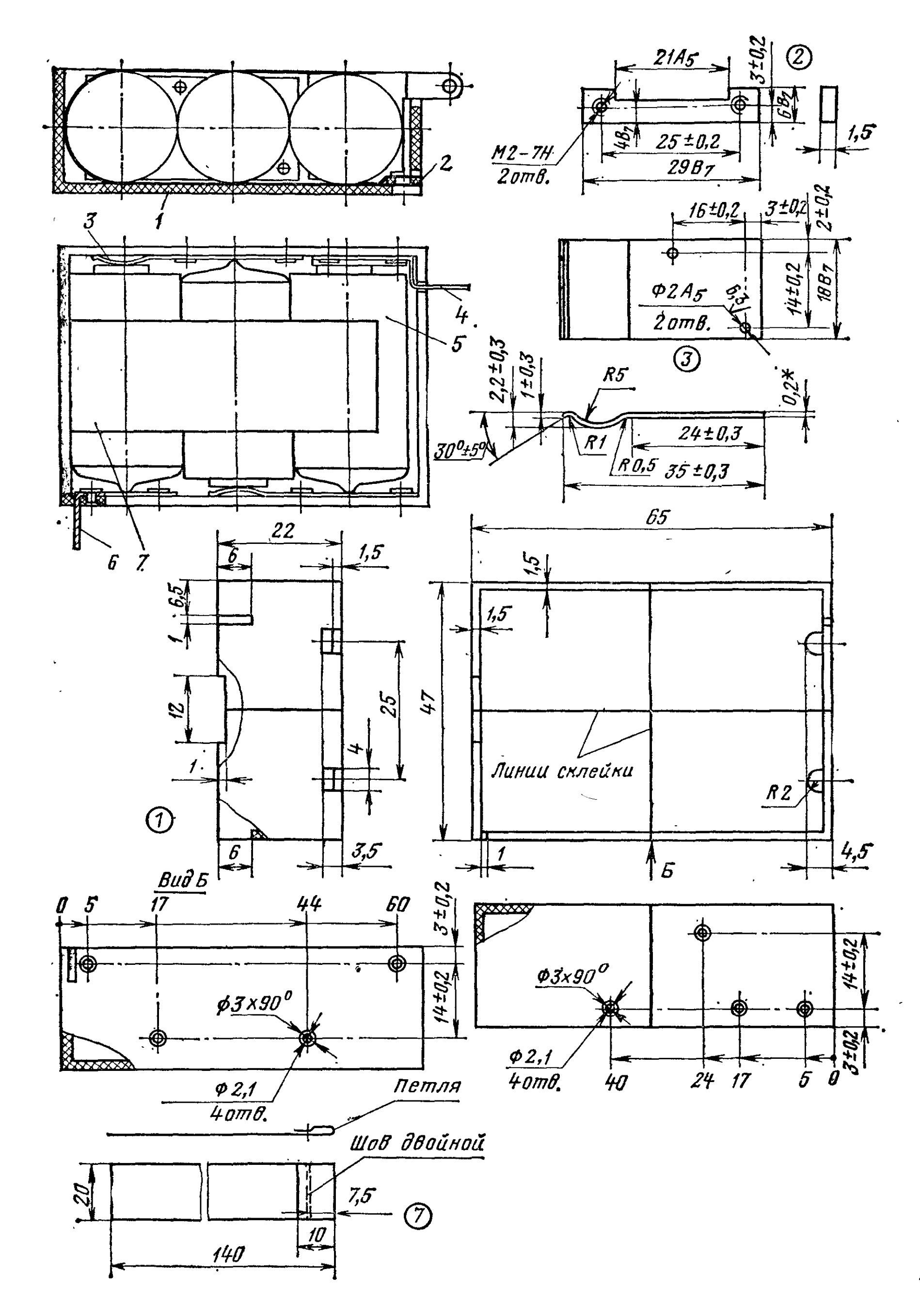


Рис. 13. Узел контактов.

1 — корпус, органическое стекло; *2—5* — контакты, бериллиевая бронза Бр. Б2Т, лента толщ. 0,1 мм (контакт дет. *4* отличается от контакта дет. *2* только тем, что имеет вырез ∅$5A_5$, с другой стороны — показан штрихпунктирной линией); *6* — планка, гетинакс; *7* — винт M2×6 (с потайной головкой).



21A5
3±0,2
②
6B7
4B7
25±0,2
29B7
M2-7H
2отв.
1,5
16±0,2
3±0,2
2±0,2
14±0,2
18B7
Ф2A5
2отв.
③
2,2±0,3
1±0,3
R5
0,2*
R1
R0,5
24±0,3
35±0,3
30°±5°
3
1
2
4
5
6
7
22
6
1,5
6,5
1
12
25
4
1
①
6
3,5
65
1,5
1,5
47
Линии склейки
R2
1
Б
4,5
Вид Б
0
5
17
44
60
3±0,2
14±0,2
ф3×90°
Ф2,1
4отв.
Ф3×90°
Ф2,1
4отв.
40
24
17
5
0
Петля
Шов двойной
20
7,5
⑦
10
140

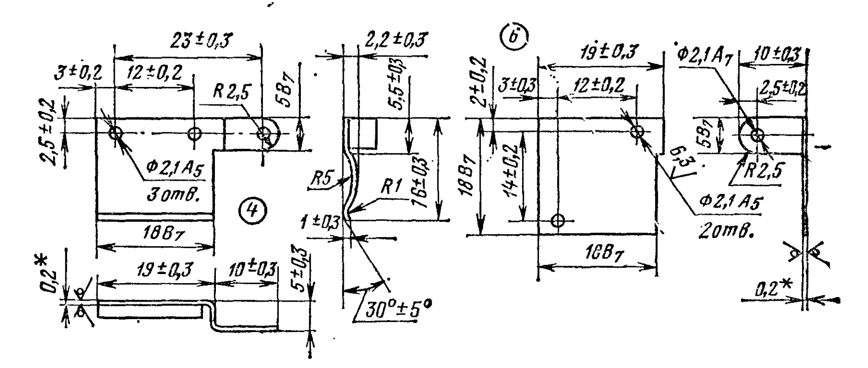


Рис. 14. Отсек питания.

1 — корпус, полистирол (переделан из отсека питания магнитофона «Электроника-301» или «Электроника-302»; лишние отверстия заклеить); *2* — пластина, лист. сталь 20; *3*, *4*, *6* — контактные пластины, бронза бериллиевая Бр. Б2Т или фосфористая Бр. ОФ, лента 0,2 мм (дет. *3* — 2 шт.); *5* — элемент, 3 шт.; *7* — лента, тесьма (можно заменить пластмассовой — ПВХ или др.).

Рис. 15. Кассетный отсек.

ким образом резиновые кольца отделяют от деревянной оправки и выбирают из них подходящий пассик. Пассик должен быть таким, чтобы при остановке рукой подкассетных узлов в режимах *Ход* и *Перемотка* шкив электродвигателя останавливался. При подборе пассика, однако, не следует забывать, что слишком большое его натяжение увеличивает ток, потребляемый двигателем. Непостоянство толщины пассика по его длине должно быть минимальным — от этого зависит коэффициент детонации диктофона.

При фрезеровании овального паза $2A_5 \times 3A_7$ в рычаге *16* нужно быть особенно аккуратным, так как толщина стенок детали в этом месте незначительна.

Указанный на чертеже диаметр шкива *5* соответствует частоте вращения вала электродвигателя 1500 мин$^{-1}$. Если будет применен двигатель с другой частотой вращения вала, то диаметр шкива необходимо пересчитать по формуле

$$D = \frac{3{,}6 \cdot 1500}{n},$$

где D — искомый диаметр шкива, мм; n — частота вращения вала применяемого двигателя, мин$^{-1}$.

Коробка диктофона согнута из листового дюралюминия. Стыки сварены, после чего обработаны напильником и шкуркой. Изнутри швы обработаны пальцевой фрезой диаметром 4 мм. Отбортовка в передней боковой стенке коробки (слева) предназначена для крепления отсека питания. После установки отсека в коробку диктофона отбортовку пригибают вниз. Прямоугольное отверстие 7,5 × 28,5 мм в дне коробки предназначено для установки двигателя МСЕ-15Р.

Сборку диктофона начинают со сборки его узлов. Собранный переключатель *Запись — Воспроизведение* устанавливают на печатную плату после монтажа всех элементов и припаивают, плотно прижав его к плате. Перед установкой платы усилителя в коробку необходимо обратить внимание на то, чтобы высота паек не превышала 0,5 мм. Излишний припой и выступающие выводы элементов спиливают мелким напильником во избежание короткого замыкания их на корпус диктофона.

Сверлить и нарезать резьбу в основании *20* (см. рис. 7) следует совместно с пластиной *28* после ее приклепки. При установке стойки левой *19* и стойки подшипника *17* необходимо выдержать соосность их отверстий, предназначенных для монтажа подшипников. Для обеспечения соосности используют специально изготовленную оправку, имеющую соответствующие диаметры. На эту оправку указанные детали надевают по скользящей посадке, после чего устанавливают их на основание и развальцовывают.

После развальцовки всех стоек и гнезда *2* на основании бархатным напильником зачищают нижнюю и боковую плоскости основания с тем, чтобы освободить от выступов посадочные поверхности. При запрессовке осей *10* и *13* контролируют их высоту относительно нижней поверхности основания — 18,3 ± 0,1 мм. Трущиеся поверхности основания и скобы *25* смазывают консистентной смазкой или техническим вазелином. Так как осевой зазор вала *3* в скобе может стать причиной повышенного коэффициента детонации, зазор между валом *3* и упором *27* не должен превышать 0,05 мм. Его регулируют подгибкой усов скобы.

После сборки подкассетных узлов устанавливают необходимость в подборе шайб *30* и *31*. Нужно, чтобы при среднем положении скобы *25* резиновые кольца *11* и *14* шкивов не касались насадки *16* и вала *3* соответственно. При этом между шайбой *6* и колпаком *5* должен оставаться зазор 0,1—0,3 мм, необходимый для свободного вращения шкивов.

При сборке узла контактов (см. рис. *13*) контакт *3* не должен быть искривлен. Проверяют наличие зазора между контактом *3* и соседними контактами *4* и *5*. При необходимости подгибают последние, чтобы оба зазора были в пределах $0{,}5 \pm 0{,}2$ мм. Затем подгибают контакт *3* у основания настолько, чтобы он отгибая контакт *2* на 0,5 мм.

На коробке диктофона развальцовывают три стойки *19* (см. рис. 5; в дальнейшем описании сборки все упоминаемые номера позиций относятся к рис. 5, если нет указания на другой рисунок), ось *17* рычага, подложив под нее пружину *15*, и ось *1* (см. рис. 10) скобы фиксатора. Приклепывают обойму *1* и угольник *43*. Привинчивают гнезда *24* и *25*, устанавливают печатную плату *9* стабилизатора частоты вращения вала двигателя с регулирующим транзистором *6*, и двигатель *2*. Под плату подкладывают шайбы *50*. Устанавливают рейку *34* переключателя рода работы, проложив прокладку *28*, смазанную консистентной смазкой (например, «Циатим-221» или техническим вазелином). К рейке прикрепляют движок *30*, подложив прокладку *29*, смазанную консистентной смазкой. Прокладку фиксируют двумя стальными винтами с потайной головкой длиной 5 мм и диаметром резьбы 2,5 мм. Такие же винты крепят к коробке диктофона узел универсальной головки *36*. Рейка должна перемещаться свободно, без заеданий. Устанавливают фиксатор *38* и возвратную пружину *37* узла универсальной головки.

Устанавливают смонтированную плату *45*, подложив под нее изоляционные шайбы *50*. Прежде чем затянуть винты, добиваются четкого взаимодействия фиксатора переключателя *31* с планкой, закрепленной на рейке переключателя рода работы. Для этого плату перемещают в том или ином направлении, насколько позволяет размер крепежных отверстий, и затягивают винты в наилучшем ее положении. Выводы переключателя *31* нужно укоротить.

Устанавливают пружину *49* и толкатель *39*. Затем вводят штифт стирающей головки *42* в отверстие толкателя, надевают пружину *48* и привинчивают головку к угольнику *43* винтом *44*. Правильно собранный узел должен обеспечивать поворот стирающей головки при нажатии на кнопку *Запись* в такое положение, чтобы магнит головки устанавливался в положение, показанное на сборочном чертеже (см. рис. 12). Если необходимо, положение головки корректируют установкой прокладок между угольником *43* и скобой узла стирающей головки *42* либо перемещением печатной платы *45* вдоль коробки диктофона.

Устанавливают кассетный отсек *27*, обеспечив набором шайб высоту головки заднего крепежного винта 1,8 мм (см. сечение *Г-Г* на рис. 5). Вложив кассету в отсек, проверяют высоту установки головок. Лента должна касаться своими краями обеих направляющих каждой головки. Для облегчения контроля за положением ленты удобно использовать кассету с вырезом в корпусе над головками, облегчающим наблюдение за лентой в зоне головки. Высоту универ-

сальной головки регулируют прокладками между основанием головки и стойкой, к которой она прикреплена, или уменьшением длины этой стойки. Высоту стирающей головки регулируют перемещением скобы относительно угольника.

Подгибая язычок *Г* рейки *1* (см. рис. 9), взаимодействующий с угольником *4* узла универсальной головки (см. рис. 8), устанавливают расстояние от рабочей поверхности головки до стенки кассетного отсека, равное 3,5 мм, в положении переключателя рода работы, соответствующем режиму *Ход*. В режиме *Перемотка* это расстояние должно уменьшаться до 2—2,5 мм.

Затем отсек снимают и устанавливают узел контактов *21*. К узлу привода присоединяют тягу *22*, пропустив ее в отверстие рычага *16*, надевают пружины *14* и *20*, запорные шайбы, навинчивают наконечник *23* и устанавливают всю сборку в коробку диктофона, совместив вилку рычага *16* со штифтом рейки переключателя рода работы, а отверстие на другом конце рычага — с осью *17*. Привинчивают привод ко дну коробки двумя стальными винтами М2,5 × 4 с потайной головкой. Устанавливают запорную шайбу на ось *17*, надевают пассик *4*.

В режиме *Ход* вал привода должен надежно сцепляться со шкивом правого подкассетного узла, а центральный контакт *3* (см. рис. 13) замкнуть оба контакта *4* и *5* узла. В режиме *Перемотка* насадка вала привода должна сцепляться с левым подкассетным узлом, а центральный контакт должен быть замкнут с контактом *2* (см. рис. 13). В режиме *Стоп* ни вал привода, ни его насадка не должны касаться подкассетных узлов, а центральный контакт должен занимать нейтральное положение. Правильной работы привода добиваются подбором числа шайб между пружинами *14* и *20* и рычагом *16*. Работу узла контактов регулируют подгибанием контактов и навинчиванием (отвинчиванием) наконечника *23*.

В последнюю очередь в коробку диктофона устанавливают отсек питания. Его привинчивают двумя стальными винтами М2 × 5 с потайной головкой и пригибают вниз язычок на передней стенке коробки.

Все межузловые соединения в диктофоне выполнены одножильным проводом диаметром 0,5 мм в виниловой изоляции, за исключением цепи универсальной головки. Головка соединена с переключателем гибким многожильным проводом, например МГТФ или МГШВ. Экранировка монтажа внутри диктофона не обязательна, так как длина проводов незначительна, однако внешние цепи следует тщательно экранировать. Общий проводник усилителя соединяют с коробкой диктофона в одной точке около гнезда *25* для подключения микрофона. Поэтому корпус гнезда *24* необходимо изолировать от корпуса диктофона. Минусовые провода цепи двигателя и усилителя припаивают непосредственно к минусовому выводу блока питания. Для уменьшения наводок необходимо разнести возможно дальше цепи коммутации усилителя и электродвигателя.

Для того чтобы высококачественно наладить электронную часть диктофона, необходимы звуковой генератор с полосой частот от 100 Гц до 10 кГц (например, ГЗ-33), милливольтметр переменного тока с пределами измерения от 10 мВ до 3 В (ВЗ-13), электронно-лучевой осциллоскоп С1-1 (или ЭО-7), авометр с входным сопротивлением не хуже 10 кОм/В (ТЛ-4), дроссель для размагничивания ленты и универсальной головки.

Кроме того, нужно приготовить две кассеты: одну со стандартной записью (магнитофильм), а другую — без записи, и резистивный делитель напряжения 100 кОм/100 Ом.

Усилитель целесообразно начать налаживать до установки платы в коробку диктофона. Налаживание усилителя начинают с того, что в режиме *Воспроизведение* к его входу через резистивный делитель подводят сигнал с частотой 1 кГц, причем нижнее плечо делителя (100 Ом) подпаивают вместо универсальной головки. К выходу усилителя подключают вольтметр переменного тока и эквивалент нагрузки — резистор сопротивлением 250 Ом. Выходное напряжение генератора на входе делителя устанавливают равным 0,15 В. При этом напряжение на эквиваленте нагрузки должно быть не менее 0,35 В. Увеличивая входное напряжение, наблюдают форму выходного сигнала на экране осциллоскопа, подключенного параллельно эквиваленту нагрузки. Ограничение синусоиды должно начинаться на уровне не менее 0,6 В. Подбором резистора R_8 устанавливают симметричное ограничение.

Проверяют амплитудно-частотную характеристику усилителя в режиме *Воспроизведение* при выходном уровне 0,06 В. Она должна быть линейна в диапазоне 100—10 000 Гц с точностью ±1 дБ. После этой проверки плату можно установить в коробку диктофона, присоединить универсальную головку и гнездо микрофона и установить кассетный отсек. На исправном промышленном кассетном магнитофоне на чистую ленту записывают чистый тон частотой 1 кГц с максимальным уровнем примерно в середине длины ленты. Полученную фонограмму воспроизводят на диктофоне. Выходное напряжение устанавливают на уровне 0,6 В подбором резистора R_{10}.

Затем в диктофон устанавливают кассету со стандартным магнитофильмом, ленту перематывают примерно до середины, подключают головной телефон и воспроизводят запись. Регулировочным винтом устанавливают правильное положение универсальной головки по максимуму отдачи на высших звуковых частотах.

Далее в диктофон устанавливают кассету без записи. В режиме *Запись* ко входу диктофона при помощи резистивного делителя (100 Ом в нижнем плече) подводят сигнал частотой 1 кГц от звукового генератора. Напряжение на его выходе устанавливают равным 0,1 В. Записывают короткую (10—15 с) фонограмму, затем меняют местами

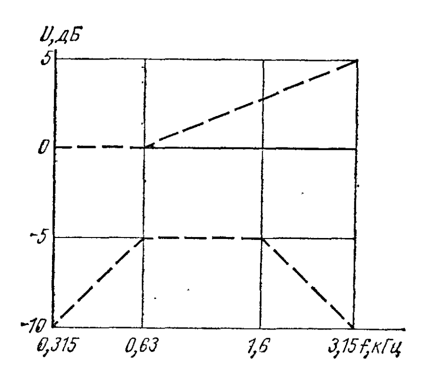
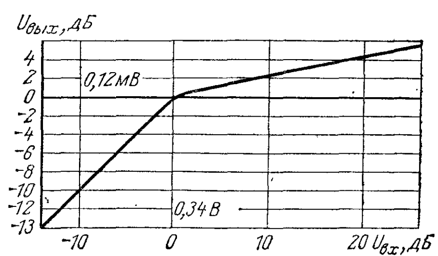


Рис. 16. Поле допуска частотной характеристики диктофона.

Рис. 17. Характеристика АРУЗ.



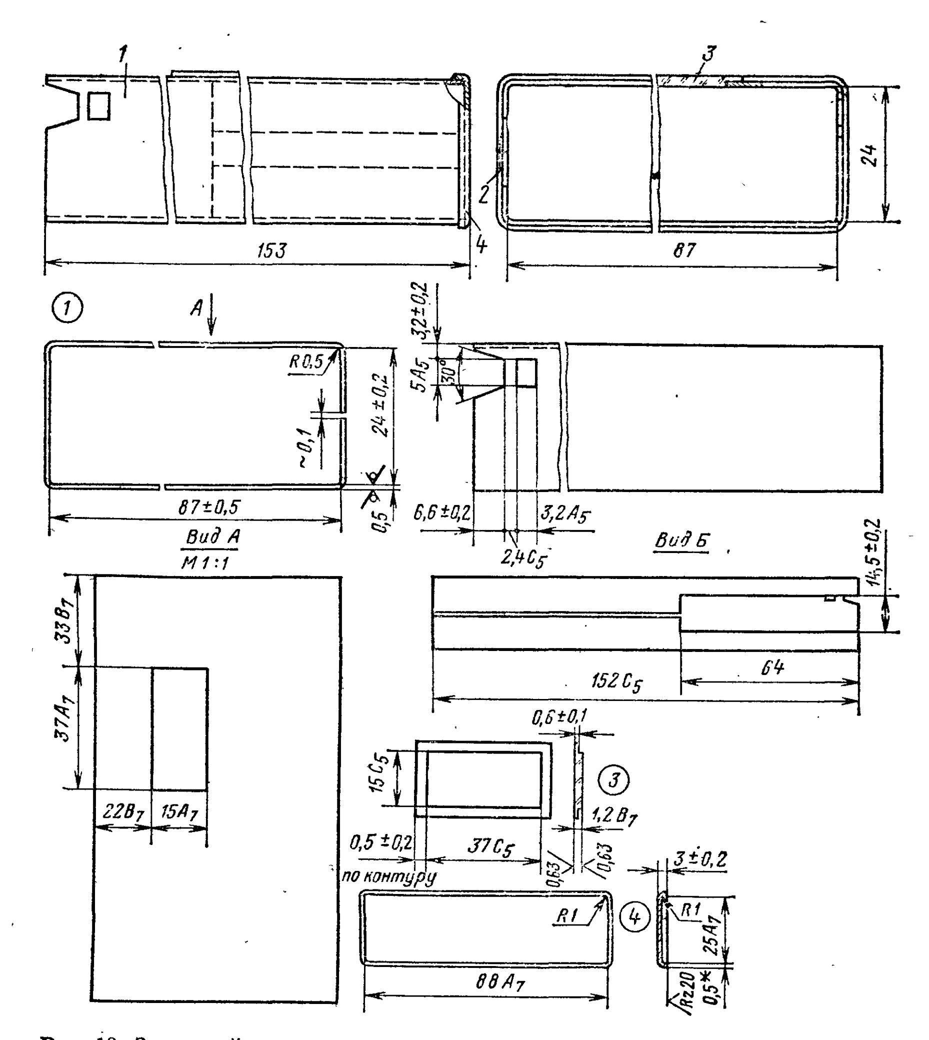


Рис. 18. Защитный кожух.

1 — обойма, латунь Л63М, лист. 0,5 мм; *2* — накладка, латунь Л63, лист. 0,3 мм; *3* — пластина, стекло органическое, лист. 1,5 мм; *4* — заглушка, латунь Л63М, лист. 0,5 мм, покрытие — хром.

выводы универсальной головки и записывают еще такую же фонограмму. Воспроизводят обе фонограммы и измеряют напряжение на выходе диктофона. Вариант подключения головки, соответствующий большему выходному напряжению, следует считать лучшим.

Оптимальный ток подмагничивания головки находят следующим образом. Вместо резистора R_{14} в цепь включают переменный резистор сопротивлением 22 кОм и делают несколько пробных записей при различных положениях его движка. Воспроизводят записанные отрезки. Запись, соответствующая максимальному выходному напряжению в ре-

жиме *Воспроизведение*, соответствует оптимальному сопротивлению резистора R_{14}. Подобранный таким образом резистор устанавливают на печатную плату.

В диктофон устанавливают кассету с чистой лентой и включают режим *Запись*. Записывают отрезки фонограммы с частотой 315, 1000 и 3150 Гц, пользуясь резистивным делителем и поддерживая выходное напряжение звукового генератора неизменным и равным 0,05 В. Запись воспроизводят и измеряют выходное напряжение. Частотная характеристика сквозного канала должна укладываться в поле допусков, изображенное на рис. 16, т. е. между штриховыми линиями. Измерения проводят дважды — в начале и конце кассеты. Если необходимо, уточняют сопротивление резистора R_{14}.

Для проверки автоматической регулировки усиления в режиме «*Запись*» (АРУЗ) ко входу диктофона подводят сигнал 0,05 В частотой 1 кГц (к верхнему плечу резистивного делителя). К выходу усилителя подключают вольтметр переменного тока. Изменяя выходное напряжение генератора, снимают зависимость выходного сигнала от напряжения на входе усилителя. Она должна иметь вид, показанный на рис. 17.

Настроенный диктофон вставляют в защитный кожух, изготовленный из листовой латуни и оклеенный снаружи дерматином. Чертеж кожуха показан на рис. 18. К обойме *1* вдоль стыка припаивают накладку *2*, а к торцу — заглушку *4*; припой ПОС-40. Дерматином оклеивают только боковую поверхность обоймы, заглушку кожуха хромируют. В верхней части кожуха в дерматине прорезают отверстие, в которое на клей БФ-4 снаружи ставят пластину *3* из оргстекла.

УДК 621.317.799:621.396.623

КОМБИНИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

И. СВОБОДА (ЧССР)

Прибор предназначен для снятия некоторых стандартных параметров электроакустических устройств как в лабораторных условиях, так и непосредственно там, где эти устройства установлены. Поскольку при измерениях вне лаборатории важными факторами являются масса и габариты прибора, уже давно появились различные комбинации некоторых, самых основных измерительных приборов, смонтированных чаще всего в виде стоек или тележек.

С появлением и развитием полупроводниковой техники стало возможным создавать портативные универсальные приборы, позволяющие измерять большое число параметров. В ЧССР, к сожалению, такие приборы не выпускаются, между тем их преимущества совершенно очевидны. Универсальный прибор имеет обычно один источник питания, один кожух, уменьшается материалоемкость и трудоемкость при его производстве, соответственно снижается и объем измерительного комплекта и, в конечном итоге, стоимость прибора.

В любительских условиях изготовление такого универсального прибора не менее выгодно. В связи с возможностью объединения нескольких приборов в одном кожухе значительно снижается объем механических работ. Такой прибор легок и займет мало места, что тоже немаловажно. Поэтому комплект измерительных приборов в одном кожухе небольших размеров – безусловно, наиболее удачное решение. Однако главной причиной изготовления комплекса измерительных приборов собственными силами остается то, что приборы, изготавливаемые промышленностью, выпускаются малыми сериями и очень дороги, а поэтому недоступны большинству радиолюбителей.

Обычно радиолюбителю, занимающемуся конструированием высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуры, вполне достаточно иметь в своем распоряжении следующие приборы: НЧ генератор с интервалом частоты от 30 Гц до 16 кГц, НЧ милливольтметр с диапазоном измерений от 3 мВ до 30 В, измеритель гармонических искажений, осциллоскоп с верхней границей полосы пропускания до 100 кГц и лабораторный источник питания.

Объединять в одном блоке лучше всего первые четыре прибора. Лабораторный источник питания нужно выполнять в виде отдельного блока, так как при работе он обычно выделяет много тепла, которое может стать причиной появления погрешностей в показаниях измерительных приборов. Встраивание в комбинированный прибор осциллоскопа имеет смысл только в том случае, если для управления им могут быть использованы те или иные узлы других составляющих приборов, например если временную развертку сделать автоматически управляемой частотой звукового генератора или на вертикальный усилитель подавать сигнал со входа низкочастотного милливольтметра или измерителя искажений так, чтобы на экране была видна форма сигнала одновременно с информацией о его напряжении на шкале стрелочного прибора. Удобно также, если диапазон измерений будет устанавливаться одной ручкой сразу для всех приборов блока. Из всех органов управления в осциллоскопе тогда останутся только ручки *Фокусировка* и *Яркость*. При этом необходимо учитывать, что целый ряд узлов осциллоскопа значительно усложняется.

Основой предлагаемого вниманию читателей комбинированного измерительного прибора являются НЧ генератор с преобразователем синусоидального сигнала в прямоугольный, используемый для контроля и исследования переходных процессов в налаживаемой аппаратуре, а также НЧ милливольтметр и активный фильтр для измерения гармонических искажений на фиксированных частотах звукового спектра.

Для питания всех приборов использован один источник стабилизированного напряжения, который иногда можно использовать и для питания исследуемого объекта, если потребляемый им ток невелик. Это дает возможность питать прибор от батареи элементов или аккумуляторов.

Низкочастотный генератор охватывает интервал частоты от 30 Гц до 16 кГц при коэффициенте гармоник не больше 1%. Выходное напряжение можно регулировать в пределах от 1 мВ до 1 В; выходное сопротивление – около 600 Ом.

Формирователь прямоугольного напряжения позволяет плавно регулировать выходной сигнал (по уровню) от нуля до 4 В. В ин-

тервале частоты от 40 Гц до 15 кГц форма выходного сигнала практически не отличается от прямоугольной.

Низкочастотный милливольтметр презназначен для измерения напряжения частотой от 20 Гц до 20 кГц. Шкала прибора – линейная. Чувствительность – не хуже 1 мВ на всю шкалу. Погрешность измерения не превышает ±0,5 дБ. Поддиапазоны измерения напряжения – 1 мВ, 3 мВ, 10 мВ, 30 мВ, 100 мВ. При включении входного делителя напряжения с затуханием 60 дБ значения поддиапазонов увеличиваются в 1000 раз. Входное сопротивление прибора – не менее 1 МОм.

Измеритель гармонических искажений работает на трех частотах: 40 Гц, 1 кГц и 12,5 кГц. На этих частотных точках обычно измеряют большинство важнейших параметров аппаратуры. Точность измерения – до 0,1 % при минимальном входном напряжении 100 мВ. Следует отметить, что возможность измерения малых искажений прежде всего зависит от собственных искажений генератора, которые должны быть по крайней мере в 10 раз меньше, чем наименьшее измеряемое значение. Поэтому следует стремиться к минимуму собственных искажений генератора.

Генератор имеет самостоятельный выход, кроме того, его выходное напряжение постоянно приложено к входу формирователя прямоугольных импульсов. Милливольтметр и измеритель гармонических искажений имеют самостоятельные входы, причем значение искажений при их измерении отсчитывают по шкале милливольтметра. К блоку питания постоянно подключены лишь генератор и милливольтметр, формирователь прямоугольных импульсов и измеритель гармонических искажений подключают к блоку питания только тогда, когда это необходимо. Выходное напряжение блока питания выбрано равным 15 В с тем, чтобы можно было, если потребуется, питать прибор от автомобильной батареи аккумуляторов.

Генератор (его схема показана на рис. 1) собран по широко известной схеме с мостом Вина в цепи положительной обратной связи. Коэффициент передачи этой цепи на квазирезонансной часто-

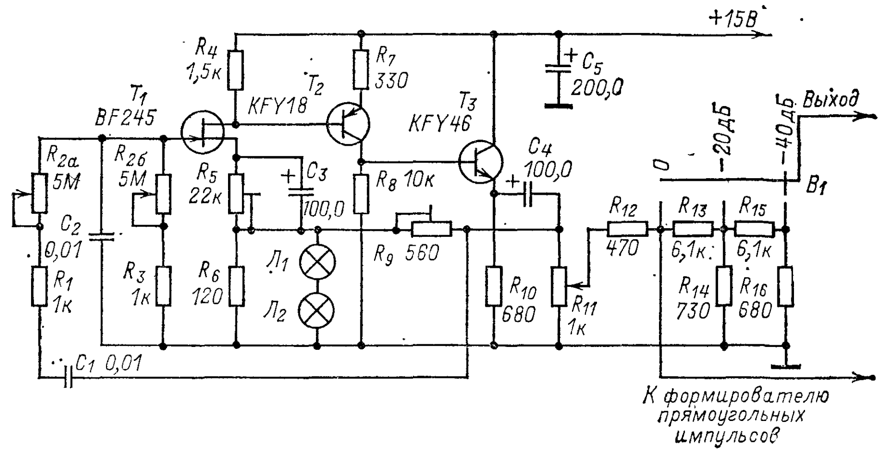


Рис. 1. Схема генератора.

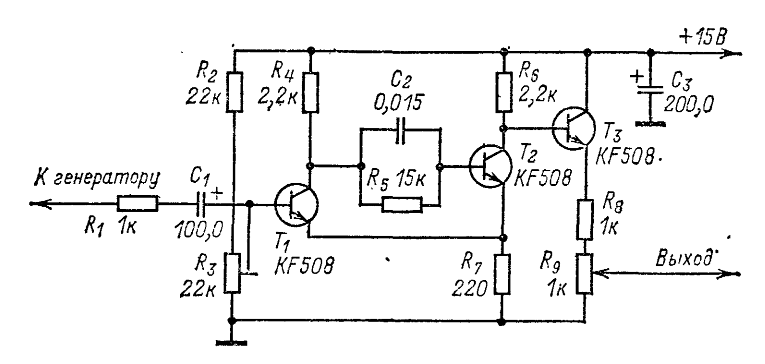


Рис. 2. Схема формирователя прямоугольного напряжения.

те равен $^1/_3$, и от точности поддержания этого отношения для любой рабочей частоты зависят стабильность амплитуды генерируемого сигнала и величина гармонических искажений. В качестве органа перестройки моста Вина выбран сравнительно высокоомный сдвоенный переменный резистор. Это повлекло за собой необходимость высокого входного сопротивления усилителя генератора. Исходя из этих соображений, усилитель построен по схеме ОИ–ОЭ–ОК. Высокое входное сопротивление достигнуто использованием на входе полевого транзистора, а низкое выходное, необходимое для нормальной работы генератора, включением выходного транзистора усилителя по схеме эмиттерного повторителя.

Роль нелинейного элемента, стабилизирующего амплитуду генерации, играют лампы накаливания $Л_1$, $Л_2$, включенные в цепь отрицательной обратной связи. Режим транзисторов по постоянному току устанавливают подстроечным резистором R_5. Для обеспечения низких гармонических искажений сигнала генератора необходимо подобрать сдвоенный переменный резистор R_2 с минимальным рассогласованием отдельных секций. От точности их согласования сильно зависит и неравномерность амплитудно-частотной характеристики генератора. Чтобы шкала генератора была равномерной, а значит, более точной установка частоты, обе секции резистора R_2 должны иметь логарифмическую характеристику. Выходное напряжение генератора можно плавно регулировать переменным резистором R_{11} или скачкообразно – переключателем B_1.

Схема формирователя сигнала прямоугольной формы изображена на рис. 2. На транзисторах T_1 и T_2 собран триггер Шмитта. При отсутствии сигнала транзистор T_1 закрыт, а в цепи базы транзистора T_2 при этом через резисторы R_4 и R_5 протекает ток, удерживающий транзистор T_2 открытым. Как только на базу транзистора T_1 поступит сигнал положительной полярности и достаточной амплитуды, транзистор T_1 откроется, а T_2 закроется. При уменьшении сигнала ниже порога переключения триггер вернется в исходное состояние.

Чувствительность триггера и скважность формируемых импульсов зависят от смещения на базе транзистора T_1, устанавливаемого подстроечным резистором R_3. Транзистор T_3, включенный по схеме с общим коллектором, обеспечивает низкое выходное сопротивление

формирователя и исключает влияние нагрузки на форму и скважность импульсов. Амплитуду импульсов можно регулировать переменным резистором R_9. Выход формирователя – открытый (без разделительного конденсатора), что исключает искажение формы сигнала. Время срабатывания формирователя не превышает 1 мкс. Кроме основной функции – проверки электроакустической аппаратуры – формирователь можно использовать для налаживания цифровых устройств.

Схема милливольтметра показана на рис. 3. Входной делитель частотно компенсирован конденсаторами C_1 и C_2. Высокое входное сопротивление обеспечено включением на входе милливольтметра полевого транзистора по схеме с общим стоком. С истока через переключатель B_2 рода работы *Милливольтметр – Измеритель искажений* сигнал поступает на резисторный делитель $R_6 - R_{12}$ и переключатель поддиапазонов B_3. Измерительный усилитель на транзисторах $T_2 - T_4$, включенных по схемам ОЭ, ОК, ОЭ соответственно, обеспечивает высокое начальное усиление, необходимое для линеаризации работы выпрямителя $Д_1 - Д_4$. В диагональ моста выпрямителя включен стрелочный измерительный прибор – микроамперметр $ИП_1$ с током полного отклонения стрелки 100 мкА.

Микроамперметр с диодным мостом включен в цепь отрицательной обратной связи, которая еще больше линеаризует шкалу милливольтметра, особенно на ее начальном участке. Чувствительность прибора устанавливают подстроенным резистором R_{17}. Используемые в милливольтметре транзисторы (особенно T_1 и T_2) должны быть подобраны по минимуму собственного шума. На входе измерительного усилителя включена RC-цепь $R_{13}C_4$, подавляющая помехи от

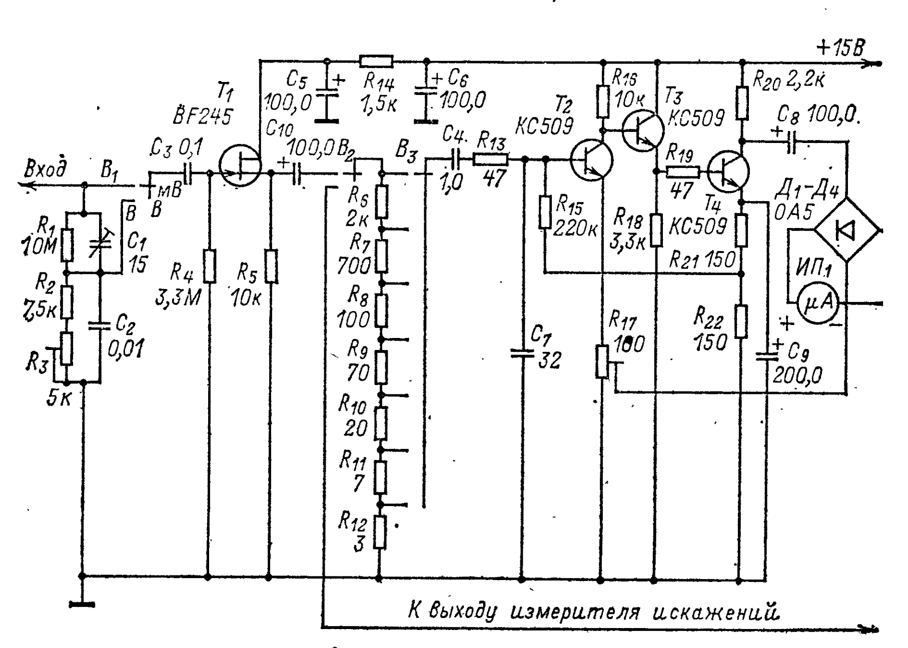


Рис. 3. Схема милливольтметра.

сигналов местных средневолновых радиостанций, которые могут повлиять на точность измерений.

Измеритель гармонических искажений сконструирован как дополнительное устройство к милливольтметру. Схема измерителя изображена на рис. 4. Переменный резистор R_1 служит для установки уровня входного сигнала. Транзисторы T_1 и T_2 образуют усилитель-фазовращатель с мостом Вина в цепи обратной связи, который подавляет основную частоту. Оба плеча моста питаются сигналами с фазовым сдвигом в 180°. При точном совпадении частоты входного сигнала с одной из трех измерительных частот и при установке равенства амплитуды сигнала на обоих плечах переменным резистором R_9 на выходе моста основная частота будет подавлена и на усилитель, собранный на транзисторах T_3 и T_4, пройдут только высшие гармонические составляющие, которые и являются продуктом искажения сигнала. После усиления напряжение этих составляющих через переключатель рода работы они поступают на переключатель поддиапазонов милливольтметра, который позволяет в этом режиме измерять искажения в поддиапазонах 0,1, 0,3, 1, 3, 10, 30% соответственно. Транзисторы T_1 и T_3 следует также подобрать по минимальному уровню собственного шума, иначе это может повлиять на точность измерения. Коэффициент передачи измерителя гармонических искажений подстроечным резистором R_6 устанавливают равным 10.

Четвертое положение переключателя B_1 служит для калибровки устройств при установке переключателя поддиапазонов милливольтметра в нижнее по схеме положение (см. рис. 3). Переменным резистором R_1 устанавливают такой уровень сигнала на входе измерителя искажений, при котором стрелка милливольтметра устанавливается на конечное деление шкалы. Далее переменным резистором

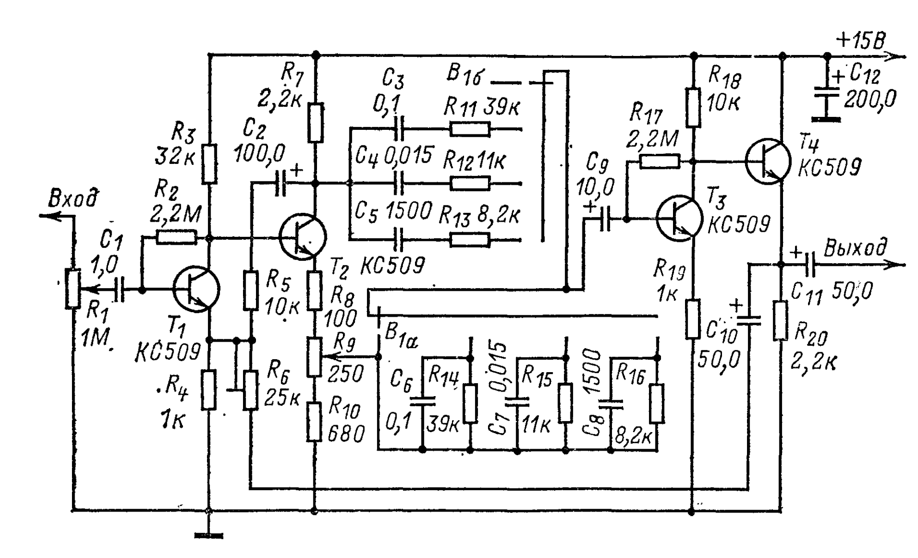


Рис. 4. Схема измерителя гармонических искажений.

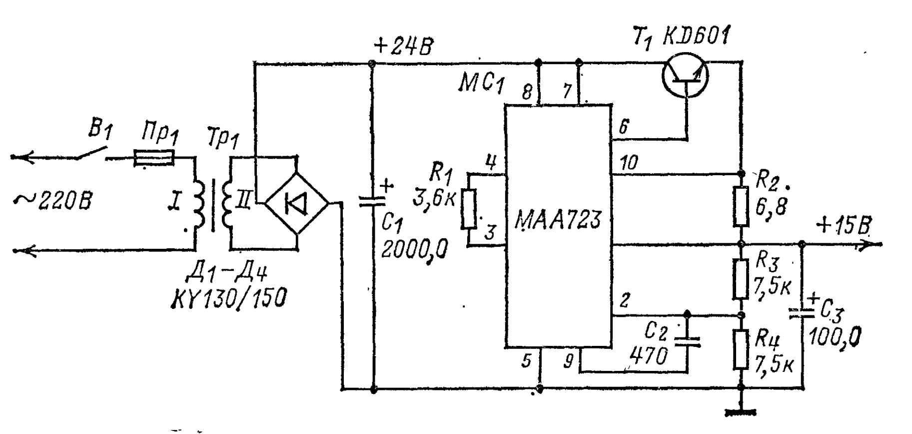


Рис. 5. Схема сетевого блока питания.

R_9 и ручкой настройки генератора добиваются минимальных показаний милливольтметра, переключая его последовательно на все более чувствительные поддиапазоны переключателем B_3.

Схема сетевого блока питания показана на рис. 5. Трансформатор $Тр_1$ должен обеспечивать на выводах обмотки *II* напряжение 18 В при токе нагрузки 100 мА. Стабилизатор собран на микросхеме $МС_1$, а усилителем тока служит транзистор T_1. Если отказаться от резерва по току (до 50 мА), необходимого для питания измеряемого объекта, в усилителе тока можно использовать менее мощный транзистор (например, KF508 со звездчатым радиатором). Выходное напряжение стабилизатора устанавливают равным 15 В подборкой резистора R_3 (или R_4). Ограничение по току задано сопротивлением резистора R_2. При указанном на схеме номинале этого резистора максимальный ток нагрузки равен 100 мА. Увеличивая сопротивление резистора R_2, можно снизить порог ограничения.

Если необходимо питать прибор от гальванической батареи напряжением около 24 В, ее можно подключить через защитный диод непосредственно к конденсатору фильтра C_1. В этом случае будут работать стабилизатор напряжения и ограничитель тока. Гальванический источник напряжением 15 В (например, автомобильная батарея аккумуляторов) следует подключать через защитный диод непосредственно к нагрузке. Использование защитного диода необходимо для исключения повреждения прибора при ошибочном подключении батареи в обратной полярности.

Все узлы комбинированного измерительного прибора собраны на отдельных печатных платах. Чертежи плат и расположение на них деталей показаны на рис. 6—10. Размеры плат зависят от используемого кожуха. Лучше всего использовать готовый небольшой кожух от какого-либо прибора. Размеры передней панели определяются в основном типом используемого микроамперметра и формой и размерами шкалы генератора. Описываемый прибор собран в кожухе с габаритами 300×200×200 мм. Микроамперметр применен типа MP120, что позволяет свободно разместить все узлы прибора и сделать удобной его лицевую панель.

Все переключатели прибора — кнопочные, типа «Изостат», однако можно применить и галетные переключатели. Входы и выходы выведены на панель в виде экранированных гнезд 6AF28000, которые предназначены для магнитофонов. Штыревая часть к этому гнезду имеет обозначение 6AF89541. Корпуса гнезд должны быть изолированы от лицевой панели; соединять их с общим проводом прибора следует в одной точке, лучше всего на выходе блока питания. Мощный транзистор усилителя тока блока питания размещен на дюралюминиевом профилированном радиаторе, который на стойках может быть закреплен на печатной плате или отдельно от нее.

Рис. 6. Чертеж печатной платы генератора.

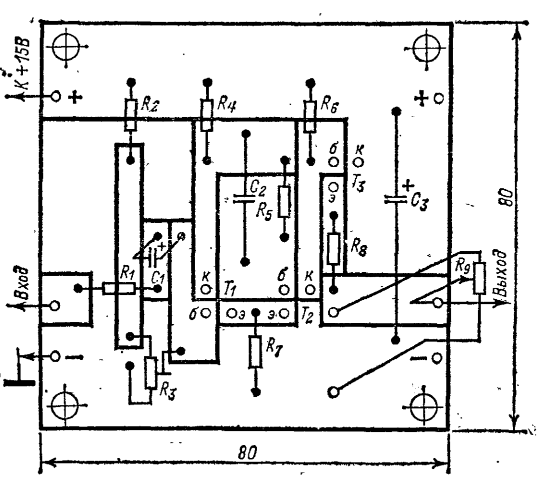


Рис. 7. Чертеж печатной платы формирователя прямоугольного напряжения.

Рис. 8. Чертеж печатной платы милливольтметра.

Рис. 9. Чертеж печатной платы измерителя гармонических искажений.

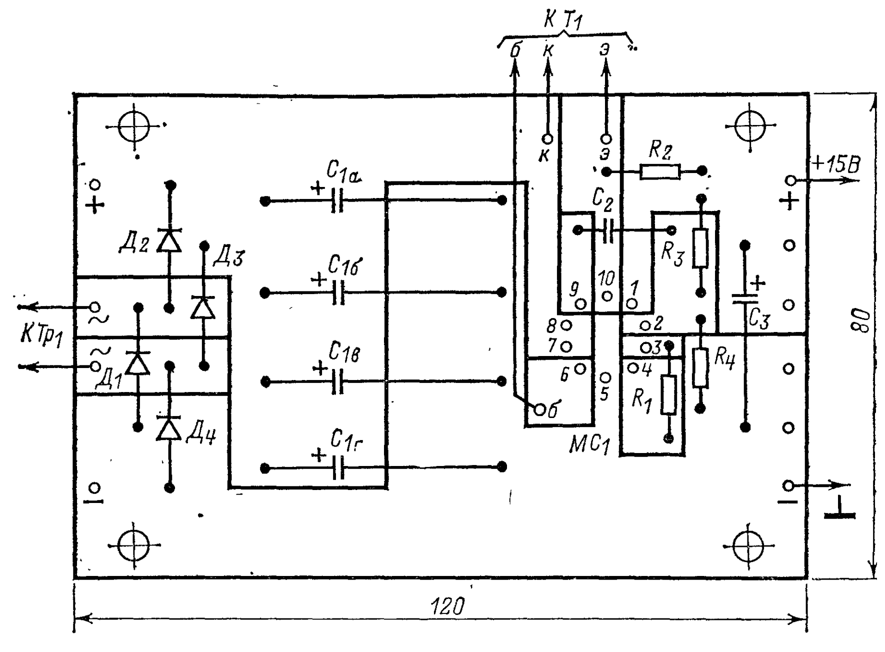


Рис. 10. Чертеж печатной платы сетевого блока питания.

Налаживание прибора начинают, как всегда, с блока питания. Сначала, подбирая резисторы R_3 (или R_4), устанавливают на выходе блока напряжение 15 В. Затем проверяют работу ограничителя тока. Ограничение должно наступать при токе нагрузки несколько большем, чем 100 мА.

Далее в генераторе устанавливают режим усилителя подстроечным резистором R_5 и глубину обратной связи подстроечным резистором R_9 по минимуму искажений формы выходного сигнала. Подключив к выходу генератора осциллоскоп и вращая ручку резистора, контролируют форму выходного напряжения на экране во всей полосе настройки. Если при перестройке наблюдается непостоянство амплитуды, — это является признаком неточного совпадения значений сопротивления секций сдвоенного резистора R_2.

Формирователь настраивают при подаче на его вход синусоидального сигнала от звукового генератора. Необходимо установить скважность импульсов. Для измерений в электроакустике наиболее удобной является скважность *2*, которую и устанавливают подстроечным резистором R_3.

Низкочастотный милливольтметр требует установки режима измерительного усилителя подборкой резистора R_{21}. На вход подают сигнал от звукового генератора, к коллектору транзистора T_4 подключают вход осциллоскопа, на экране которого наблюдают форму выходного сигнала. Ограничение обеих полуволн выходного сигнала при перегрузке должно быть симметричным. Коэффициент деления входного делителя устанавливают с помощью звукового генератора и точ-

ного широкополосного милливольтметра, лучше всего цифрового. Сначала отношение 60 дБ (1:1000) устанавливают на частоте 100 Гц подстроечным резистором R_3, а затем на частоте 15 кГц — подстроечным конденсатором C_1.

Резисторы делителя поддиапазонов желательно подобрать на омметре с точностью не хуже 1% с тем, чтобы были гарантированы требуемые коэффициенты деления.

В измерителе искажений также следует подобрать элементы моста Вина с точностью 1%. Усиление измерительного усилителя устанавливают равным 20 дБ (в 10 раз) подстроечным резистором R_6 в цепи обратной связи при включенном мосте в положении *Калибровка* (в показанном на схеме положении переключателя B_1). Переменный резистор R_1 устанавливают на максимум входного сигнала. Частота сигнала должна быть 1 кГц, а напряжение на входе 100 мВ. Вращая движок резистора R_6, добиваются того, чтобы выходное напряжение было равно 1 В. Для градуирования шкалы генератора следует пользоваться точным, лучше всего цифровым измерителем частоты. В дальнейшем для налаживания можно использовать встроенный генератор прибора.

Образцовый широкополосный милливольтметр подключают параллельно входу милливольтметра налаживаемого прибора и устанавливают подстроечным резистором R_{17} на основном поддиапазоне *1 мВ* стрелку прибора на конечную отметку шкалы при напряжении на входе милливольтметра 1 мВ. Изменяя напряжение на входе, проверяют согласование шкал на поддиапазонах 1 и 3 мВ.

Точность измерителя искажений прибора можно проверить только с помощью промышленного измерителя высшего класса точности. Выходной регулятор формирователя прямоугольных импульсов можно откалибровать по осциллоскопу.

Комбинированный измерительный прибор дает возможность снимать частотные характеристики, измерять уровень усиления или затухания, процент искажений на трех точках частотной характеристики, отношение сигнал/шум у исследуемого объекта, проверять параметры звукоснимателей электрофонов с помощью измерительных грампластинок, настраивать магнитофоны и электрофоны с помощью осциллоскопа, контролировать передачу переходных процессов через усилительные тракты и производить различные специальные измерения. Благодаря малым размерам и массе прибор удобен также для проведения текущего ремонта устройств на месте их установки.

УДК 621.396.62:621.382.3

ТРАНЗИСТОРНЫЙ ВСЕВОЛНОВЫЙ ПРИЕМНИК ДЛЯ РАДИОКОМПЛЕКСА

Е. ГУМЕЛЯ (СССР)

Приемник, предназначенный для высококачественного приема местных и мощных отдаленных радиовещательных станций, рассчитан на совместную работу с оконечным усилителем звуковой частоты и акустической системой радиокомплекса. Обычно для радиокомплекса используют тюнер, не содержащий усилителя НЧ и громкоговорителя. Такое

решение, по мнению автора, не является оптимальным, поскольку исключает возможность пользования тюнером вне радиокомплекса, что нередко бывает необходимо (например, при прослушивании информационных передач, не требующих высокого качества звуковоспроизведения и большой громкости).

Дополнение тюнера усилителем звуковой частоты и динамической головкой позволяет отыскивать желаемую программу при небольшой громкости, чтобы никому не мешать, а затем, выключив встроенную головку, воспроизводить выбранную программу через усилитель радиокомплекса.

Такой тюнер практически ничем не отличается от обычного радиоприемника, за исключением некоторых специфических требований, накладываемых включением его в состав радиокомплекса. Главными из них являются высокое качество и стабильность выходного сигнала звуковой частоты, возможность сопряжения с усилителем радиокомплекса по экранированной линии связи без существенного изменения амплитудно-частотных характеристик выходного сигнала, отсутствие влияния встроенного усилителя НЧ на параметры выходного сигнала. Кроме того, приемник радиокомплекса должен быть удобным в эксплуатации, иметь сравнительно небольшие габариты и современное внешнее оформление. При самостоятельном использовании приемника он должен обеспечивать удовлетворительное качество звуковоспроизведения при достаточной громкости.

Эти общие требования оказывают существенное влияние на выбор схемного решения радиочастотной части приемника и ее конструктивное выполнение. Так, например, в черте индустриального города высококачественное звуковоспроизведение радиовещательных программ возможно только при приеме передач местных радиостанций, работающих на длинных (ДВ), средних (СВ) и ультракоротких (УКВ) волнах или при приеме передач мощных удаленных радиостанций диапазонов Д, СВ и КВ при условии применения помехозащищенных антенн и высокой селективности приемника.

В соответствии с классификацией, принятой в СССР, радиотракт того или иного приемника (определяющий его селективность и чувствительность) по характеристикам может быть отнесен к одному из классов — высшему, I, II, III или IV (ГОСТ 5651-76). Анализ схемных решений приемников различных классов и сравнение их в процессе эксплуатации показали, что если радиотракты III и IV классов при точном соответствии их характеристик с заданными ГОСТ уступают радиотракту II класса в указанных выше сложных условиях радиоприема; то радиотракты I и высшего классов, являясь гораздо более сложными в исполнении и дорогостоящими, существенных преимуществ не имеют. Объясняется это тем, что радиотракт II класса обеспечивает хорошее качество приема местных и достаточно мощных удаленных от места приема радиостанций. Дополнительное повышение селективности и чувствительности; характерное для приемников высшего и I классов, позволяет облегчить прием сигналов дальних радиостанций, расположенных на частотной шкале рядом с мощными местными. Однако, как правило, качество приема хотя и улучшается по сравнению с использованием тракта II класса, но остается недостаточным для обеспечения высококачественного звуковоспроизведения музыкальных и речевых передач.

Таким образом, радиотракт, удовлетворяющий требованиям ГОСТ

на приемники II класса, можно считать оптимальным для прослушивания программ уверенно принимаемых радиостанций. Это обстоятельство приводит к решению построить высокочастотную часть приемника по супергетеродинной схеме с одноконтурным преселектором на входе, без усилителя высокой частоты в диапазонах ДВ, СВ и КВ, с совмещенным трактом усиления промежуточной частоты для приема АМ и ЧМ сигналов и стандартным блоком УКВ. Для упрощения описания приемника в дальнейшем диапазоны ДВ, СВ и КВ, в которых работают радиостанции с амплитудной модуляцией, будем именовать там, где это удобно, диапазонами АМ, а диапазон УКВ, где применяется частотная модуляция,— диапазоном ЧМ.

В радиотракте II класса, построенном по традиционной схеме, имеются некоторые скрытые резервы по улучшению качества приема и удобства пользования приемником, например введение усиленного автоматического регулирования усиления (АРУ) и автоматической подстройки частоты (АПЧ) в блоке УКВ, использование электронной настройки контуров блока УКВ, позволяющей осуществить фиксированную настройку на радиостанции этого диапазона, стабилизация напряжения источника питания блока УКВ и гетеродина тракта АМ.

Функциональная схема приемника радиокомплекса, в которой учтены перечисленные здесь эксплуатационные и технические особенности, показана на рис. 1. В ряде случаев прием мощных радиостанций с достаточно высоким качеством воспроизведения возможен на комнатную антенну. Поэтому в приемнике кроме гнезда для подключения внешней антенны $Ан_3$ предусмотрены еще две встроенные. антенны:

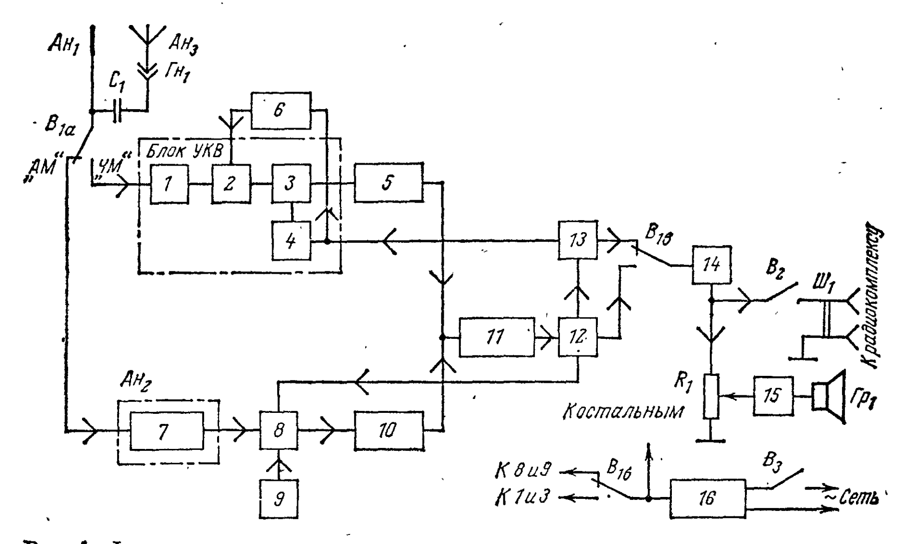


Рис. 1. Функциональная схема приемника.

1 – усилитель РЧ; *2* – контур усилителя РЧ; *3* – преобразователь частоты; *4* – контур гетеродина; *5* – ФСС ЧМ; *6* – блок кнопочной настройки; *7* – входные и гетеродинные контуры с магнитной антенной; *8* – смеситель АМ; *9* – гетеродин АМ; *10* – ФСС АМ; *11* – усилитель ПЧ АМ/ЧМ; *12* – детектор АМ – ограничитель ЧМ; *13* – детектор ЧМ; *14* – предварительный усилитель НЧ; *15* – оконечный усилитель НЧ; *16* – блок питания.

штыревая телескопическая $Ан_1$ для приема радиостанций в диапазонах КВ и УКВ и магнитная антенна $Ан_2$ для ДВ и СВ.

Штыревая телескопическая антенна выполнена с учетом возможности изменения ее положения в пространстве – это особенно важно для приема радиостанций диапазона УКВ. От положения антенны зависит уровень сигнала на входе приемника, и поэтому только правильное относительное расположение антенны может обеспечить высококачественный прием.

Штыревую или внешнюю антенны коммутируют переключателем $В_1$ *АМ – ЧМ*, не зависимым от переключателя диапазонов ДВ, СВ и КВ приемника. Это позволило использовать переключатель диапазонов тракта АМ сигналов для реализации фиксированной настройки тракта ЧМ сигналов, что существенно упрощает управление приемником.

В диапазонах ДВ и СВ используется магнитная антенна $Ан_2$ (*7*), являющаяся составной частью входных цепей этих диапазонов. Применение магнитной антенны в качестве основной для диапазонов АМ целесообразно потому, что она менее других подвержена воздействию индустриальных помех и помех, создаваемых строчной разверткой телевизоров. В приемнике предусмотрена возможность ориентирования магнитной антенны по максимуму приема радиостанций и закрепления ее в этом положении. Такое решение позволяет обойтись без сложного устройства привода к магнитной антенне и вместе с тем без существенной потери уровня принимаемых сигналов радиостанций.

Для фиксированной настройки на радиостанции УКВ диапазона в блоке УКВ используется узел электронной настройки *6* промежуточного контура *2* усилителя ВЧ и контура гетеродина *4*. При этом одновременно решается вопрос автоматической подстройки частоты гетеродина.

Сигнал с выхода частотного детектора *13* через фильтр, устраняющий колебания звуковой частоты, подведен к варикапу контура гетеродина. Напряжение, необходимое для настройки этих контуров, должно быть стабильным и достаточно большим, чтобы во время приема мощных сигналов местных радиостанций не возникали перекрестные искажения за счет модуляции емкости варикапов. Но оно и не должно быть излишне большим, так как использование для этой цели источника напряжения, несоизмеримого с напряжением питания транзисторных ступеней приемника, связано с неоправданными усложнениями и затратами энергии. Для описываемого приемника выбрано оптимальное напряжение, равное 13 В, получаемое удвоением напряжения источника питания приемника с последующей стабилизацией на необходимом уровне. Однако сравнительно небольшое напряжение, используемое для настройки контуров ступени усиления ВЧ и гетеродина, требует обеспечения в них минимальной начальной емкости, чтобы получить необходимое для перекрытия диапазона УКВ изменение емкости варикапов при еще относительно большом минимальном напряжении (3–4 В) на них. Это можно обеспечить рациональным монтажом и отказом от подстроечных конденсаторов, неизбежно увеличивающих начальную емкость контуров. Сопряжение контуров при этом также должно производиться электрическим путем.

Наличие АПЧ позволяет отказаться от отдельного гетеродина в блоке УКВ. Влияние входного сигнала с большим уровнем на частоту гетеродина, имеющее место в совмещенных преобразователях

частоты *3*, компенсируется системой АПЧ. Для уменьшения нестабильности частоты гетеродина из-за колебаний напряжения источника питания приемника блок УКВ питается от стабилизатора напряжения *16*. Усилитель ВЧ *1* препятствует просачиванию в антенну напряжения гетеродина и уменьшает влияние ее на гетеродин.

К особенностям блока УКВ следует отнести и применение в узле кнопочной настройки *6* устройства, гарантирующего настройку приемника на частоту выбранной радиостанции. Наличие такого устройства в приемнике крайне желательно. Дело в том, что изменения влажности воздуха и температуры и старение деталей со временем могут привести к такому уходу частоты гетеродина блока УКВ, что система АПЧ, особенно при малом уровне входного сигнала, не обеспечит захват и удержание заданной частоты настройки. Чтобы периодически не подстраивать приемник на частоты выбранных радиостанций, применяются так называемые генераторы поиска — устройства, изменяющие частоту гетеродина в обе стороны от необходимой в интервале частот, несколько большем интервала ожидаемых уходов частоты, вызванных указанными дестабилизирующими факторами.

В преобразователе частоты тракта АМ сигналов использован отдельный гетеродин *9* и введена АРУ. Отдельный гетеродин необходим для повышения стабильности работы приемника в диапазоне КВ и упрощения коммутации гетеродинных контуров. Использование в этой ступени двух транзисторов позволяет подключить к ним контур гетеродина только двумя точками.

Вводятся АРУ в преобразователь частоты для того, чтобы снизить искажения, вносимые в принимаемый сигнал изменениями режимов транзисторов по постоянному току при регулировке усиления. По этой причине сигнал тем менее подвержен искажениям, чем меньше его значение, а его значение минимально в первой ступени приемника — в преобразователе частоты. Однако введение режимного АРУ в преобразователь частоты, выполненный на одном транзисторе, приведет к изменению не только тока коллектора и крутизны характеристики транзистора, но и нагрузки на контур гетеродина и, следовательно, частоты гетеродина и расстройке приемника по отношению к принимаемой радиостанции при изменении уровня ее сигналов. Это явление особенно проявляется в диапазоне КВ, где при тех же относительных изменениях частоты, что и в диапазонах Д и СВ, абсолютные уходы частоты превышают полосу пропускания тракта ПЧ. В диапазоне КВ, кроме того, наиболее часто и в более широких пределах изменяется уровень сигнала из-за замираний, связанных с особенностями распространения коротких волн.

Для устранения этого недостатка смеситель преобразовательной ступени выполнен на двух транзисторах, но включенных так, что их суммарные параметры при работе системы АРУ по отношению к гетеродину остаются практически постоянными, тогда как параметры каждого из них изменяются. По постоянному току транзисторы включены дифференциально, что повышает эффективность АРУ, так как снижает уровень постоянного напряжения с детекторной ступени *12*, необходимый для уменьшения усиления на 60 дБ, до 50—100 мВ. Такая глубокая регулировка усиления, позволяющая отказаться от регулировки усиления в тракте ПЧ, не только способствует уменьшению искажений сигнала, но и обеспечивает относительное постоянство уровня сигнала на входе предварительного усилителя НЧ *14*,

т. е. отсутствие его перегрузки. Напряжение с выхода предварительного усилителя поступает либо на вход универсального усилителя НЧ радиокомплекса (через контакты переключателя B_2), либо на вход оконечного усилителя НЧ *15*, нагруженного встроенной головкой $Гр_1$ громкоговорителя, которым пользуются при поиске радиостанции.

Детектор АМ тракта выполнен на транзисторе, включенном по схеме с общим коллектором. Такой детектор благодаря отрицательной обратной связи по огибающей модулированных колебаний обладает малым коэффициентом гармоник и обеспечивает достаточное напряжение для работы АРУ.

Усилитель ПЧ тракта АМ – апериодический, и избирательность по соседнему каналу обеспечивается только фильтром *10* сосредоточенной селекции (ФСС) этого тракта. Для поддержания максимального значения соотношения сигнал/шум, которое может ухудшиться из-за широкой полосы пропускания усилителя ПЧ, усиление тракта уменьшено до допустимого предела. Необходимые чувствительность и суммарное усиление радиочастотного тракта достигнуты за счет высокого резонансного сопротивления ФСС, являющегося нагрузкой преобразователя частоты. Это в свою очередь упрощает ФСС: уменьшает емкость входящих в него конденсаторов и исключает необходимость в отводах от контурных катушек.

Усилитель ПЧ АМ выполнен по резистивной схеме, что позволяет использовать его и для усиления колебаний более высокой промежуточной частоты при работе приемника в УКВ диапазоне. В этом случае селективность по соседнему каналу обеспечивается ФСС ЧМ *5* и контурами частотного детектора *13*. Снижение усиления сигнала ПЧ за счет меньшего резонансного сопротивления контуров ФСС ЧМ и более высокой частоты компенсировано использованием транзистора-детектора АМ в режиме дополнительного усилителя-ограничителя перед детектором ЧМ. Кроме перечисленных функционально важных элементов приемник оснащен стрелочным индикатором точной настройки, работающим в диапазонах АМ. Радиовещательные поддиапазоны КВ выполнены растянутыми.

Приемник рассчитан на прием радиостанций, работающих в диапазонах: ДВ – 145–410 кГц (2060–732 м), СВ – 520–1620 кГц (577–185 м), КВ1 – 5,95–6,2 МГц (50,4–48,4 м), КВ2 – 7,1–7,3 МГц (42,2–41,4 м), КВ3 – 9,5–9,78 МГц (31,6–30,7 м), КВ4 – 11,7–12,1 МГц (25,6–24,8 м) и УКВ – 65,8–73 МГц (4,56–4,12 м). Настройка в диапазонах ДВ, СВ и КВ – плавная, в диапазоне УКВ – фиксированная на пять радиостанций. Номинальная чувствительность в диапазоне ДВ – 1,4 мВ/м, СВ – 0,7 мВ/м, КВ – 0,4 мВ/м (со входа внешней антенны – 70–100 мкВ), в диапазоне УКВ – 50 мкВ/м (со входа внешней антенны – 5–10 мкВ).

Селективность при расстройке ± 9 кГц в диапазонах ДВ, СВ и КВ не хуже 46 дБ, в диапазоне УКВ при расстройке на ± 300 кГц не хуже 30 дБ. Ослабление зеркального канала: в диапазоне ДВ – не менее 14 дБ, в диапазоне СВ – не менее 30 дБ, в диапазоне КВ – не менее 14 дБ, в диапазоне УКВ – не менее 26 дБ. Действие АРУ: при изменении входного сигнала на 60 дБ напряжение на выходе изменяется не более чем на 6 дБ.

Полоса воспроизводимых звуковых частот: по напряжению на разъеме для подключения внешнего универсального усилителя в диапазонах ДВ, СВ, КВ – 50–4000 Гц, в диапазоне УКВ – 30–15 000 Гц;

на встроенной головке громкоговорителя по звуковому давлению при неравномерности 14 дБ в диапазонах ДВ, СВ и КВ – 150–4000 Гц, в диапазоне УКВ – 150–8000 Гц. Напряжение звуковой частоты на разъеме для внешнего усилителя – 0,25 В при входном сопротивлении 2,7 кОм.

Номинальная выходная мощность усилителя НЧ приемника при коэффициенте гармоник не более 3 % 0,8 Вт. Приемник питается от сети переменного тока напряжением 220 В, потребляемая мощность – не более 4 Вт. Габариты приемника 420×155×130 мм, масса – около 2 кг.

Электрическая схема приемника приведена на рис. 2. Входные контуры диапазонов СВ и ДВ образованы соответственно катушками L_1 и L_3 магнитной антенны $Ан_2$, подстроечными конденсаторами C_3, C_4 и конденсатором переменной емкости C_5. Катушки L_2 и L_4 – катушки связи этих контуров с радиочастотным трактом. Контурные катушки коммутируют переключателем B_1. Этим же переключателем коммутируют контурные катушки гетеродина в диапазонах ДВ, СВ и КВ и катушку входного контура поддиапазонов КВ – L_7, L_9, L_{12} и L_6 соответственно – и входящие в контуры подстроечные и сопрягающие конденсаторы C_{21}, C_{23}, C_{25}, C_{19} и C_{20}, C_{22}, C_{24}. Катушки L_8, L_{10}, L_{11} и L_5 – катушки связи соответствующих контуров с радиочастотным трактом.

Особенностью коммутации КВ контуров является использование одной катушки L_6 для всех четырех растянутых вещательных поддиапазонов. При переходе с поддиапазона КВ4 (25 м) на поддиапазон КВ3 (31 м) и КВ2 (41 м) к катушке L_6 подключается конденсатор C_7, C_9 или C_{11}, последовательно с которым включен соответственно конденсатор C_6, C_8 или C_{10}. В любом из этих поддиапазонов группы конденсаторов других, не работающих поддиапазонов образуют суммарную емкость, подключенную к секции C_5 блока конденсаторов переменной емкости. Все эти конденсаторы выбраны так, чтобы обеспечить с одной катушкой настройку на заданные частоты соответствующих поддиапазонов при необходимой степени растяжки шкалы. В поддиапазоне КВ1 (49 м) к катушке L_6 подключаются параллельно соединенные конденсаторы C_9, C_{11} и секция C_5 блока конденсаторов переменной емкости.

Аналогично скоммутированы элементы контуров гетеродина соответствующих поддиапазонов. Для упрощения подбора при налаживании соответствующие конденсаторы входного и гетеродинного контуров имеют одинаковую емкость, а сопрягающим является общий для всех поддиапазонов конденсатор C_{24}. Для получения точных частотных границ нескольких взаимосвязанных поддиапазонов емкости конденсаторов, входящих в их контуры, должны точно соответствовать указанным на схеме. Поддиапазон КВ1 (49 м) включается одновременным нажатием кнопок поддиапазонов КВ2 и КВ3. Переключатель диапазонов одновременно с коммутацией контуров коммутирует напряжение для электронной настройки контуров блока УКВ, снимаемое с движка одного из подстроечных резисторов R_2 – R_6. Переключатель B_2 *АМ – ЧМ* коммутирует цепь штыревой антенны $Ан_1$, переключая ее с отвода катушки L_6 входного контура диапазона КВ на вход блока УКВ, цепи питания транзисторов преобразователя частоты диапазонов ДВ, СВ, КВ и блока УКВ, подключает выходы АМ и ЧМ детекторов ко входу предварительного усилителя НЧ, а также

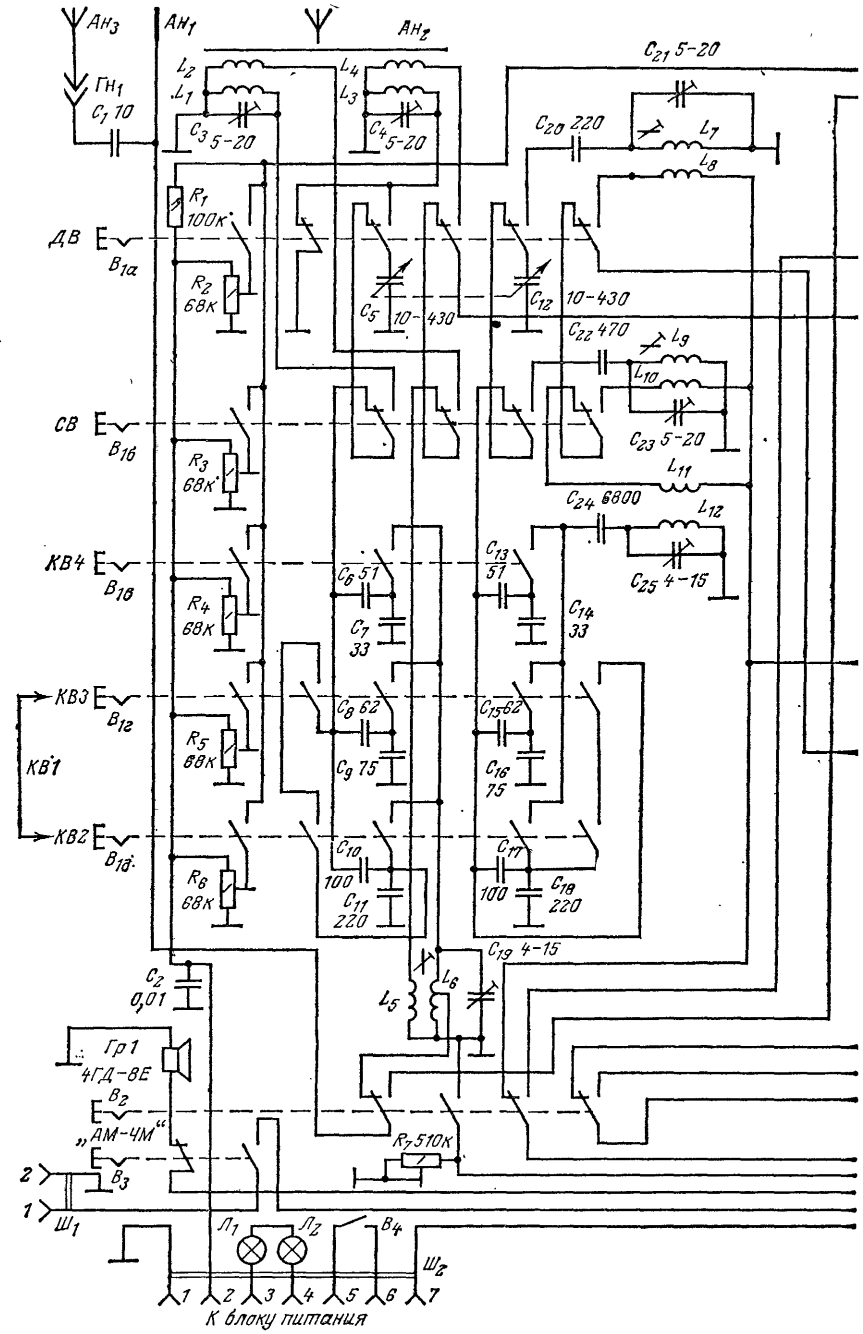
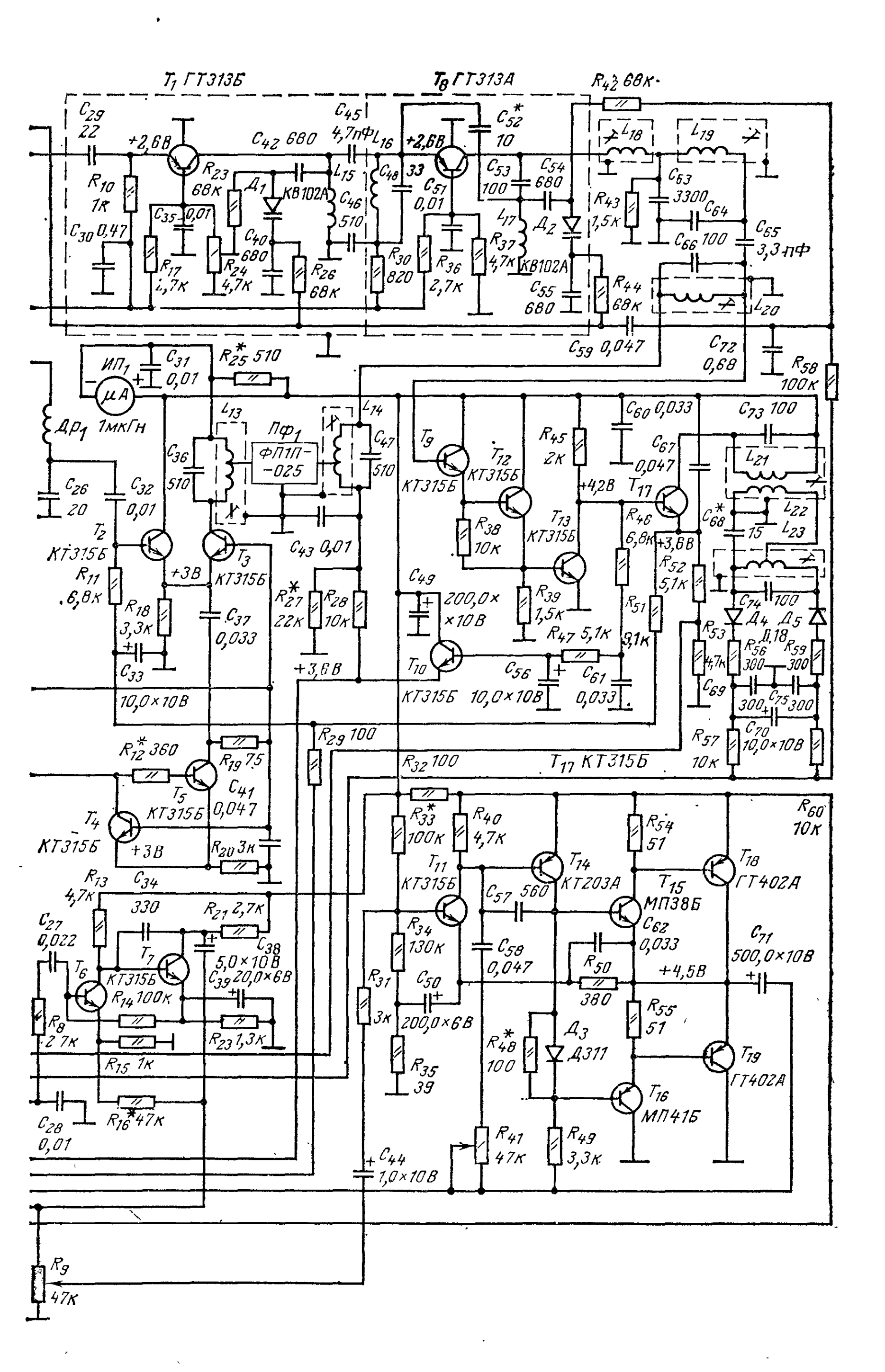


Рис. 2. Принципиальная схема приемника.



T1 ГТ313Б
T8 ГТ313А
R42 68к
C29 22
+2,6В
C42 680
C45 4,7пФ
L16
C52* 10
L18
L19
R10 1к
R23 68к
Д1 КВ102А
L15
C48 33
C51 0,01
C53 100
C54 680
R43 1,5к
C63 3300
C64
C65 3,3пФ
C30 0,47
C35 0,01
C46 510
C40 680
L17
Д2
R37 4,7к
C66 100
R17 2,7к
R24 4,7к
R26 68к
R30 820
R36 2,7к
КВ102А
C55 680
R44 68к
L20
C59 0,047
C72 0,68
ИП1
C31 0,01
R25* 510
μA
R58 100к
L13
Пф1
L14
C60 0,033
C73 100
Др1
1мкГн
ФП1П-025
C47 510
T9
T12
R45 2к
C67 0,047
L21
C36 510
КТ315Б
C26 20
C32 0,01
+4,2В
T17
L22
R38 10к
T13
C68* 15
L23
T2 КТ315Б
T3
C43 0,01
R46 6,8к
+3,8В
R11 6,8к
+3В
КТ315Б
C49
R52 5,1к
R18 3,3к
C37 0,033
R27* 22к
R28 10к
200,0×10В
R39 1,5к
R51
C74 100
Д4
Д5
Д18
R47 5,1к
9,1к
R53
R56 300
R59 300
C33
+3,6В
T10
C56
C61 0,033
4,7к
C69
10,0×10В
КТ315Б
10,0×10В
300
C75 300
R29 100
C70 10,0×10В
R12* 360
R19 75
R32 100
T17 КТ315Б
R57 10к
T5 КТ315Б
C41 0,047
R33* 100к
R40 4,7к
R54 51
R60 10к
T4 КТ315Б
+3В
R20 3к
T11 КТ315Б
T14 КТ203А
T18 ГТ402А
R13 4,7к
C34 330
R21 2,7к
C57 560
T15 МП38Б
C27 0,022
C38 5,0×10В
R34 130к
C62 0,033
C71 500,0×10В
T6
T7 КТ315Б
C39 20,0×6В
C58 0,047
R50 380
+4,5В
R8 2,7к
R14 100к
R23 1,3к
R31 3к
C50 200,0×6В
R55 51
R15 1к
R48* 100
Д3 Д311
T19 ГТ402А
R35 39
T16 МП41Б
C28 0,01
R16* 47к
C44 1,0×10В
R41 47к
R49 3,3к
R9 47к

изменяет режим транзистора детекторной ступени АМ сигналов, переводя его в режим усиления ПЧ ЧМ и снимая напряжение смещения с базы транзистора преобразователя частоты АМ в диапазоне УКВ.

Сигнал, принятый соответствующей антенной и выделенный контуром включенного диапазона, через соответствующую катушку связи поступает на базу эмиттерного повторителя на транзисторе T_2. Его эмиттер непосредственно соединен с эмиттером транзистора T_3, включенного по схеме с общей базой. Оба транзистора образуют смеситель преобразователя частоты. Колебания гетеродина, имеющие почти прямоугольную форму, снимаются с резистора R_{19} и через конденсатор C_{37} подаются в эмиттерную цепь транзисторов смесителя. Резистор R_{19}, включенный в коллекторную цепь транзистора T_5 гетеродина, является также нагрузкой транзистора T_2 по переменному току, стабилизирующей его входное сопротивление при работе АРУ.

В коллекторную цепь транзистора T_3 включен комбинированный ФСС, состоящий из двух LC-контуров и пьезокерамического фильтра $ПФ_1$. Высокое выходное сопротивление и малая проходная емкость системы транзисторов $T_2 - T_3$ позволили получить большой коэффициент усиления смесительной ступени (около 100 с учетом потерь в ФСС). Так как резонансное сопротивление контура $L_{13}C_{36}$, согласованного с входным сопротивлением пьезокерамического фильтра, меньше выходного сопротивления смесителя (примерно 40 и 500 кОм соответственно), то при работе АРУ, когда выходное сопротивление смесителя еще больше увеличивается, не происходит рассогласования фильтра и не изменяется его характеристика селективности.

Напряжение АРУ подводится к базе транзистора T_2 и с увеличением входного сигнала все более увеличивает ток его коллектора. Это приводит к уменьшению тока коллектора транзистора T_3, так как транзисторы по постоянному току образуют дифференциальную пару. Для полного прекращения тока через транзистор T_3 необходимо к базе транзистора T_2 подвести на 30—50 мВ большее напряжение, чем к базе T_3. Глубина регулировки усиления ограничивается только проходной емкостью транзистора T_3 и при выборе транзистора с малой проходной емкостью участка эмиттер — коллектор может достигать 76—80 дБ. Входное сопротивление транзисторов смесителя со стороны эмиттеров при работе АРУ практически не изменяется потому, что с уменьшением входного сопротивления одного транзистора увеличивается входное сопротивление другого. Кроме того, цепи эмиттеров транзисторов смесителя непосредственно не связаны с контуром гетеродина. Эти два обстоятельства и позволили избежать влияния работы системы АРУ на стабильность частоты гетеродина.

Гетеродин преобразователя частоты выполнен на транзисторах T_4 и T_5. Собственно автогенератором является транзистор T_4, поддерживающий незатухающие колебания в подключенном к нему контуре. Эмиттерный повторитель на транзисторе T_5 работает как широкополосный усилитель сигнала обратной связи, который необходимо подать без изменения фазы с коллектора T_4 на его эмиттер. Коллекторная цепь транзистора T_5 используется как буферная, уменьшающая влияние смесителя на работу гетеродина. Резистор R_{12} предотвращает возникновение паразитной генерации, возможной из-за широкополосной цепи обратной связи на частотах контуров, образо-

ванных емкостью монтажа, транзисторных переходов и индуктивностями выводов транзисторов и соединительных проводов. Резистор R_{20} связывает эмиттеры транзисторов гетеродина и определяет его режим работы по постоянному току. Ограничение амплитуды колебаний гетеродина происходит на коллекторных переходах входящих в него транзисторов на уровне напряжения насыщения (при выбранном токе коллекторов примерно 0,6—0,8 В).

Импульсы коллекторного тока транзисторов T_4 и T_5 близки по форме к прямоугольным, а переменное напряжение на катушке связи с контуром синусоидально. Это объясняется тем, что в спектре импульсного тока с одинаковой длительностью импульсов и интервалов между ними практически отсутствует вторая гармоника, а нечетные гармоники хорошо фильтруются контуром гетеродина. Отсутствие второй гармоники в напряжении прямоугольной формы, подводимом к смесителю преобразователя частоты, уменьшает опасность возникновения побочных каналов приема на частотах, кратных удвоенной частоте гетеродина.

Однако двухтранзисторный гетеродин имеет специфические особенности, иногда приводящие к неудачам при его практической реализации. Во-первых, индуктивная связь между контурной катушкой и катушкой связи должна быть максимально возможной (коэффициент связи должен быть близок к единице), в противном случае возможно возникновение колебаний не на резонансной частоте контура гетеродина. Во-вторых, работа транзисторов гетеродина с заходом рабочей точки в область насыщения приводит к увеличению средней емкости переходов. Это обстоятельство требует высокой степени стабилизации режима транзисторов (напряжения питания гетеродина), в противном случае возможны существенные уходы частоты гетеродина из-за изменения напряжения питания всего на несколько десятков милливольт.

Эти сведения приводятся для читателей, которые творчески подойдут к повторению описываемого приемника и захотят внести в него те или иные изменения. Приведенное резонансное сопротивление контура гетеродина в точке подключения его к коллектору транзистора T_4 должно быть примерно 1,5 кОм.

Сигнал ПЧ выделяется первым контуром комбинированного ФСС и через пьезокерамический фильтр $ПФ_1$ и второй согласующий контур $L_{14}C_{47}$ поступает на вход усилителя ПЧ. Промежуточная частота при приеме АМ сигналов стандартная — 465 кГц. Использование в тракте ПЧ высокочастотных кремниевых транзисторов со сравнительно малым коэффициентом шума позволяет выполнить его апериодическим с непосредственной связью между транзисторами усилителя ПЧ и АМ детектора. При непосредственной связи в многоступенном усилителе возможно значительное усиление низкочастотных шумов первого транзистора (так называемых фликкер-шумов, проявляющихся на слух в виде хрустящего шороха в громкоговорителе). По этой причине усиление нескольких непосредственно связанных транзисторов должно быть небольшим, чтобы не усиливать наряду с сигналами ПЧ и низкочастотные составляющие шума. Транзисторы T_9, T_{12} и T_{13} усилителя ПЧ включают так, чтобы коэффициент усиления по постоянному току и самым низкочастотным составляющим был небольшим. Это возможно при сравнительно большом уровне входного сигнала, что достигается, во-первых, большим усилением

преобразователя частоты и, во-вторых, наличием в комбинированном ФСС второго контура, который используется как повышающий трансформатор. При таком решении входное сопротивление усилителя ПЧ должно быть достаточно большим (больше резонансного сопротивления контура $L_{14}C_{47}$). Это обеспечивают транзисторы T_9 и T_{12}, включенные по схеме с общим коллектором.

Следующая ступень на транзисторе T_{13}, включенном по схеме с общим эмиттером, является усилителем напряжения ПЧ. С нагрузочного резистора R_{45} в его коллекторной цепи снимаются сигнал ПЧ для детектирования и некоторое постоянное напряжение, обеспечивающее работу транзистора T_{17} в режиме детектирования. Благодаря сравнительно большому входному сопротивлению такого детектора коэффициент усиления сигнала ПЧ получается достаточно высоким (120 – 160), а сравнительно небольшое выходное сопротивление детектора обеспечивает равномерность частотной характеристики даже при значительной емкости сглаживающего конденсатора C_{67}. Этот конденсатор включен между эмиттером и коллектором транзистора T_{17} через незначительное для сигнала частотой 465 кГц сопротивление контура $L_{21}C_{73}$, настроенного на частоту 6,8 МГц – промежуточную частоту диапазона УКВ. Попутно следует отметить, что включение этого конденсатора между эмиттером и общим проводом, а не цепью питания коллектора, может привести к самовозбуждению усилителя ПЧ. Другой мерой предотвращения самовозбуждения, возникающего на частотах диапазона КВ, близких к ПЧ ЧМ, является включение параллельно электролитическому конденсатору C_{49}, блокирующему цепь питания усилителя ПЧ, еще одного конденсатора, обладающего малой собственной индуктивностью.

Для уравнивания сигналов на выходах АМ и ЧМ детекторов напряжение колебаний звуковой частоты снимается с резистивного делителя R_{52} R_{53}, являющегося нагрузкой АМ детектора. Это напряжение через контакты переключателя *АМ – ЧМ* подводится к предварительному усилителю НЧ, выполненному на транзисторах T_6 и T_7.

Предварительный усилитель выполнен также с непосредственной связью между ступенями, что обеспечивает хорошую температурную стабильность и автоматическое обеспечение режимов при замене транзисторов. Необходимое усиление (примерно 20 дБ) устанавливается подбором резистора R_{16} цепи частотно-независимой обратной связи. Сигнал с выхода предварительного усилителя поступает на $Ш_1$ *Линейный выход* и к регулятору громкости R_9. С движка резистора R_9 сигнал звуковой частоты поступает на вход оконечного усилителя НЧ.

Для стабилизации режимов транзисторов радиотракта и напряжения питания гетеродина тракта АМ сигналов и блока УКВ ЧМ транзисторы усилителя ПЧ используются для создания стабильного напряжения. Режимы этих транзисторов стабилизированы за счет глубокой отрицательной обратной связи по постоянному напряжению между коллектором и базой транзистора T_{13} через двухзвенный RC-фильтр R_{46} C_{61} R_{47} C_{56}, эмиттерный повторитель на транзисторе T_{10}, делитель напряжения $R_{28}R_{27}$ и двойной эмиттерный повторитель на транзисторах T_9 и T_{12}. Режимы транзисторов, установленные выбранными номиналами резисторов R_{38}, R_{39}, R_{45}, а также делителем $R_{28}R_{27}$, благодаря отрицательной обратной связи поддерживаются автоматически. При замене транзисторов или изменении температуры окружающей среды система саморегулируется так, что режим каждого из транзисторов,

входящих в нее, поддерживается на заданном уровне. При изменении напряжения питания режимы всех транзисторов (кроме T_{13}) также остаются неизменными, так как напряжение на коллекторе транзистора T_{13} стабилизировано за счет большой крутизны его вольт-амперной характеристики.

Стабильное напряжение, снимаемое с эмиттера транзистора T_{10}, используется для питания транзисторов гетеродина и в качестве напряжения смещения, подаваемого на базу транзистора T_3 смесителя преобразователя частоты. Поскольку напряжение смещения на базы транзисторов T_{10} и T_{17} поступает с одной точки (с коллектора транзистора T_{13}), постоянное напряжение на их эмиттерах при отсутствии входного сигнала также практически одинаково, что обеспечивает равенство напряжений смещения на базах транзисторов T_2 и T_3 смесителя и, следовательно, равенство их коллекторных токов. Некоторую разницу между напряжениями смещения из-за различия нагрузок в эмиттерных цепях транзисторов T_{10} и T_{17} устраняют подстроечным резистором R_7 по равенству коллекторных токов транзисторов T_2 и T_3.

При появлении сигнала на входе приемника напряжение постоянного тока на выходе АМ детектора (на эмиттере транзистора T_{17}) становится больше напряжения на эмиттере транзистора T_{10}. Это приводит к увеличению напряжения на базе, а значит, и тока коллектора транзистора T_2, что влечет за собой уменьшение тока коллектора транзистора T_3 и снижение усиления преобразователя частоты.

При переводе переключателя B_2 в положение *ЧМ* сигнал от штыревой антенны $Ан_1$ поступает в цепь эмиттера транзистора T_1 усилителя ВЧ блока УКВ. Стабилизированное напряжение, снимаемое с эмиттера транзистора T_{10}, переключается на блок УКВ. Цепь АРУ замыкается через резистор R_{29}, уменьшающий разрядный ток конденсатора C_{33}. Вход предварительного усилителя НЧ подключается к выходу детектора ЧМ сигналов.

Транзистор T_1 блока УКВ включен по схеме с общей базой. В его коллекторную цепь включен контур, состоящий из катушки L_{15} и варикапа $Д_1$. Конденсатор C_{42} — разделительный. Часть стабилизированного напряжения с делителя в цепи базы транзистора T_1 поступает на анод варикапа $Д_1$ для установки его максимальной емкости при сопряжении контуров усилителя ВЧ и гетеродина блока УКВ.

Сигнал, усиленный этой ступенью, через согласующий емкостный делитель $C_{45}C_{48}$ подводится к эмиттеру транзистора T_8 преобразователя частоты, включенному по схеме с общей базой. Катушка L_{16} и конденсатор C_{46} образуют режекторный фильтр ПЧ. Контур гетеродина, состоящий из катушки L_{17} и варикапа $Д_2$, включен последовательно с первым контуром $L_{18}C_{53}$ ФСС ЧМ. Такое включение допустимо из-за значительной разницы в параметрах элементов контуров гетеродина и ПЧ. Самовозбуждение гетеродинной части преобразователя частоты происходит благодаря положительной обратной связи, глубина которой определяется емкостным делителем $C_{48}C_{52}$.

Сигнал ПЧ частотой 6,8 МГц выделяется ФСС ЧМ, состоящим из контуров $L_{18}C_{53}$, $L_{19}C_{64}$ и $L_{20}C_{66}$ с внутренней и внешней связями через конденсаторы C_{63} и C_{65}. ФСС АМ на частоте 6,8 МГц представляет малое емкостное сопротивление и не ослабляет сигналов ПЧ ЧМ.

После усиления апериодическим усилителем ПЧ сигнал подводится к базе транзистора T_{17}, играющего, как уже упоминалось, в этом случае роль дополнительного усилителя-ограничителя ПЧ ЧМ. Подключение резистора R_{51} к общему проводу переключателем *АМ — ЧМ* приводит к увеличению тока коллектора транзистора T_{17} примерно в 2 раза. Усиленный сигнал ПЧ поступает к первому контуру фильтра частотного детектора, который собран на диодах $Д_4$ и $Д_5$. Катушки контуров ЧМ детектора $L_{21}C_{73}$ и $L_{23}C_{74}$ находятся в отдельных экранах, связь между контурами выбрана емкостной, через конденсатор C_{68}.

Как известно, фазовая характеристика фильтра из двух взаимосвязанных контуров (угол сдвига фаз напряжения на выходе фильтра по отношению к напряжению на первом контуре) зависит от степени расстройки частоты генератора, являющегося источником напряжения по отношению к резонансной частоте контуров фильтра. Поэтому такой фильтр можно использовать в качестве фазосдвигающего трансформатора для фазового детектора. В данном случае фазовый детектор выполнен по балансной схеме на двух диодах, включенных по постоянному току последовательно.

При совпадении частоты сигнала с резонансными частотами обоих контуров сдвиг фаз между напряжениями на первом и втором контуре близок к 90° и, следовательно, напряжение на выходе фазового детектора равно нулю. Изменение частоты сигнала при частотной модуляции относительно резонансной частоты фильтра (в пределах его полосы пропускания) пропорционально изменяет фазу этих напряжений, что в свою очередь приводит к появлению на выходе фазового детектора напряжения того или иного знака, т. е. переменного напряжения, повторяющего закон модуляции сигнала.

При точной настройке приемника на частоту радиостанции среднее значение напряжения на выходе детектора равно нулю и при наличии модуляции (постоянная составляющая отсутствует). При расстройке относительно несущей частоты модулированного сигнала в ту или иную сторону на выходе детектора вместе с переменным напряжением появляется постоянное напряжение, значение которого зависит от степени и направления расстройки. Кроме того, знак напряжения при расстройке определен еще и первоначально выбранным сдвигом фаз в фазосдвигающем трансформаторе (+90° или –90°), зависящим от того, к аноду диода $Д_4$ или к катоду диода $Д_5$ подключен конденсатор связи C_{68}. Это обстоятельство позволяет пересоединением конденсатора C_{68} от одного из выводов катушки L_{23} вторичного контура фильтра к другому установить знак выходного напряжения так, чтобы оно, воздействуя на варикап гетеродинного контура, уменьшало степень расстройки приемника по отношению к сигналу радиостанции. Для предотвращения проникновения переменной составляющей на гетеродинный варикап, приводящего к частичной демодуляции сигнала и, следовательно, к искажениям последнего, постоянную составляющую сигнала в цепь АПЧ пропускают через фильтр $R_{58}C_{72}$ с достаточно большой постоянной времени (50—70 мс). Резистор R_1 вместе с конденсаторами C_{59} и C_{72} играет роль генератора напряжения поиска радиостанции.

Паразитную амплитудную модуляцию принимаемого сигнала, которая может возникнуть из-за интерференции при распространении радиоволн и воздействия помех, устраняют введением в выходную

цепь детектора конденсатора C_{70} большой ёмкости. При любом изменении амплитуды напряжения ПЧ на входе фазового детектора энергия сигнала уходит на зарядку этого конденсатора, а напряжение на выходе детектора не увеличивается. Только весьма медленные изменения уровня сигнала не могут быть сглажены, поэтому громкость приема при уровнях, меньших порога ограничения усилителя-ограничителя на транзисторе T_{17}, может изменяться.

Сигнал звуковой частоты с выхода ЧМ или АМ детектора поступает на вход предварительного усилителя НЧ, который выполнен на двух транзисторах T_6 и T_7 с непосредственной связью между ступенями. Режим транзисторов стабилизирован действием отрицательной обратной связи с эмиттера транзистора T_7 на базу транзистора T_6 через резистор R_{14}, резистор R_{23} для переменного тока шунтирован конденсатором C_{39}. Вторая цепь отрицательной обратной связи по переменному току с коллектора транзистора T_7 на эмиттер транзистора T_6 через резистор R_{16} служит для уменьшения искажений и установления необходимого коэффициента усиления.

После усиления предварительным усилителем НЧ сигнал с движка регулятора громкости поступает на вход оконечного усилителя НЧ. Его выходная ступень выполнена на квазикомплементарных составных транзисторах $T_{15}T_{18}$ и $T_{16}T_{19}$. Большой суммарный коэффициент усиления по току этих транзисторов позволяет выбрать сопротивление нагрузочного резистора R_{49} транзистора T_{14} довольно большим (3,3 кОм). Для повышения коэффициента использования коллекторного напряжения выходных транзисторов транзистор T_{14} питается через звуковую катушку динамической головки $Гр_1$.

Чтобы получить достаточный коэффициент усиления первой ступени, транзистор T_{14} выбран кремниевым. Это дало возможность без излишнего снижения тока коллектора ее транзистора увеличить сопротивление нагрузочного резистора (R_{40}). Распределение питающего напряжения пополам между транзисторами выходной ступени и поддержание этого режима при замене транзисторов и изменении напряжения питания и температуры окружающей среды определены подключением эмиттера транзистора T_{11} к точке соединения выходных транзисторов через резистор R_{50}, образующий с резистором R_{35} и конденсатором C_{50} делитель напряжения переменного тока в цепи отрицательной обратной связи. Конденсатор C_{62} служит для уменьшения динамических искажений усиливаемого сигнала.

Начальный ток коллектора транзисторов выходной ступени (ток покоя) определяется падением напряжения на резисторе R_{48}, зашунтированном диодом $Д_3$. Тембр по высшим звуковым частотам регулируют изменением параметров цепи обратной связи переменным резистором R_{41}.

Приемник питается от сети переменного тока через понижающий трансформатор $Тр_1$ (рис. 3). Вывод от средней точки его вторичной обмотки позволяет получить на выходе выпрямителя два постоянных напряжения 9 и 18 В. Второе из них поступает на параметрический стабилизатор $Д_5R_1$. Стабилизированное напряжение равно 13 В. Через разъем $Ш_2$ блок питания соединяется с приемником.

Футляр приемника (рис. 4) отделан древесиной ценных пород и лакирован. Передняя стенка *4* – съемная. К корпусу *2* шурупами с потайными головками прикреплены полированные уголки *1* из сплава АЛ4, образующие декоративную обечайку, в которую вставлена

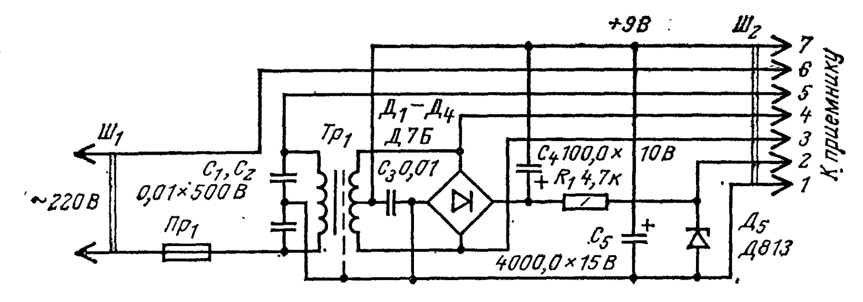


Рис. 3. Схема блока питания.

Рис. 4. Конструкция футляра приемника.

передняя стенка. Крепящие ее штифты *5* проходят через боковые отверстия в обечайке и плотно входят в отверстия в боковых торцах передней стенки. Снизу к корпусу футляра шурупами прикреплены деревянные ножки *3* в виде двух брусков. Головки шурупов утоплены в бруски примерно на четверть их толщины.

Передняя стенка футляра изготовлена из фанеры толщиной 8–10 мм. Лицевая сторона стенки оклеена шпоном древесины темного цвета. На лицевой стороне профрезерованы пазы глубиной, равной половине толщины фанеры, которые зачерняют морилкой. В средней части передней стенки выфрезеровано прямоугольное отверстие для шкалы, а в нижней – отверстия для кнопок переключателей *АМ – ЧМ* и диапазонов, а также ручек управления. Два паза – выше и ниже прямоугольного окна – служат для крепления шкалы. Ее крепят к лицевой стенке двумя полированными дюралюминиевыми накладками *6*. Каждая накладка снабжена тремя разрезными выступами, которые пропуще-

ны сквозь отверстия в пазу передней стенки и слегка разогнуты с тыльной стороны.

Шкала приемника использована от промышленного приемника «Океан», но может быть изготовлена и самостоятельно из прозрачного органического стекла. Форма заготовки *2* шкалы (рис. 5) и полированных дюралюминиевых боковин *1* позволяет надежно фиксировать шкалу накладками *6* (см. рис. 4).

С внутренней стороны передней стенки (справа от шкалы см. рис. 4) выфрезеровано круглое углубление наполовину толщины фанеры до образования сквозных продольных отверстий. Диаметр углубления должен быть таким, чтобы в него легко входил наклеенный вокруг диффузора динамической головки громкоговорителя картонный рант. С этой же стороны к передней стенке прикреплены все основные узлы и детали приемника, что схематически показано на рис. 6. К приклеенным к передней стенке *1* двум фанерным планкам *2* прикреплен подшкальник *4* из листового дюралюминия, являющийся одновременно шасси приемника. К подшкальнику на кронштейнах *8* прикреплены блок конденсаторов переменной емкости *9* с барабаном *6* верньерного механизма и монтажная плата *10*, на которой установлен блок УКВ *7* в экране.

Под блоком конденсаторов находятся кнопочные переключатели: слева (по рис. 6) – *АМ – ЧМ* (B_2), справа – переключатель диапазонов (B_1). Рядом размещены переменные резисторы *3* и *12* регуляторов громкости и тембра, а также ручка *14* настройки. Выше ручек настройки и регулятора тембра установлен стрелочный индикатор настройки *13*. К одному из кронштейнов прикреплена плата *11* с контурными катушками гетеродина и катушкой входного контура диапазона КВ. Слева на подшкальнике укреплен шарнирный держатель ферритового стержня магнитной антенны *5*. Динамическая головка *15* прикреплена к передней стенке короткими шурупами.

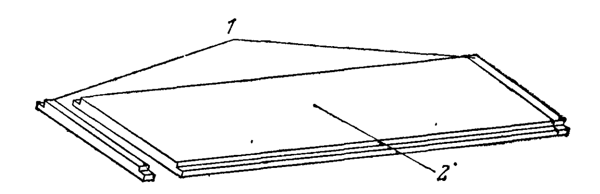


Рис. 5. Форма заготовки шкалы.

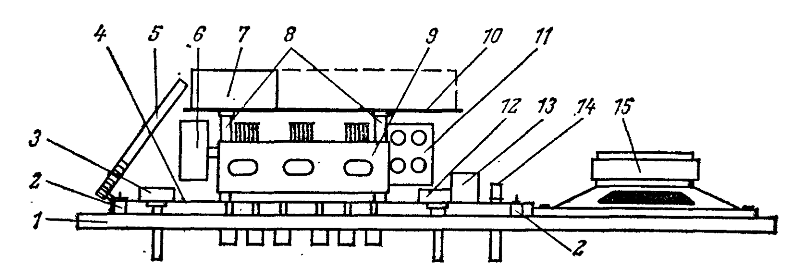


Рис. 6. Размещение основных узлов и деталей приемника.

Кинематическая схема верньерного механизма показана на рис. 7. С барабана *1*, укрепленного на оси блока конденсаторов, капроновый тросик *2* огибает четыре направляющих ролика *3*, расположенных по углам подшкальника, и обвивает двумя витками ось ручки настройки *4*. На тросике закреплен указатель настройки *6* из медной лакированной проволоки диаметром 1–1,5 мм. Нижний загнутый конец указателя скользит по направляющему неподвижному капроновому тросику (леске) *5*.

Чертеж подшкальника представлен на рис. 8. Под два левых ролика верньерного механизма выпиливают фигурные дугообразные отверстия, что дает возможность отогнуть образовавшиеся лепестки по штриховой линии под необходимым углом.

Чертеж печатной платы приемника, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, показан на рис. 9. Печатные проводники размещены так, чтобы можно было при желании использовать вместо отдельных транзисторов в преобразователе частоты и в тракте ПЧ транзисторные сборки К2НТ171, К2НТ172. Детали блока УКВ приемника закрывают экраном из луженой латуни или жести толщиной 0,2–0,5 мм. Границы этого экрана на рис. 9 обозначены штриховыми линиями.

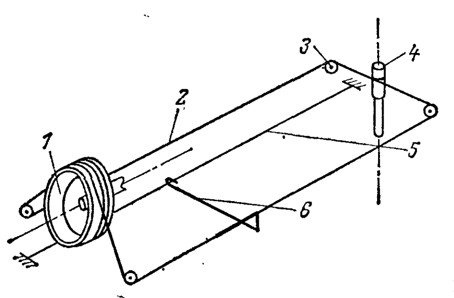
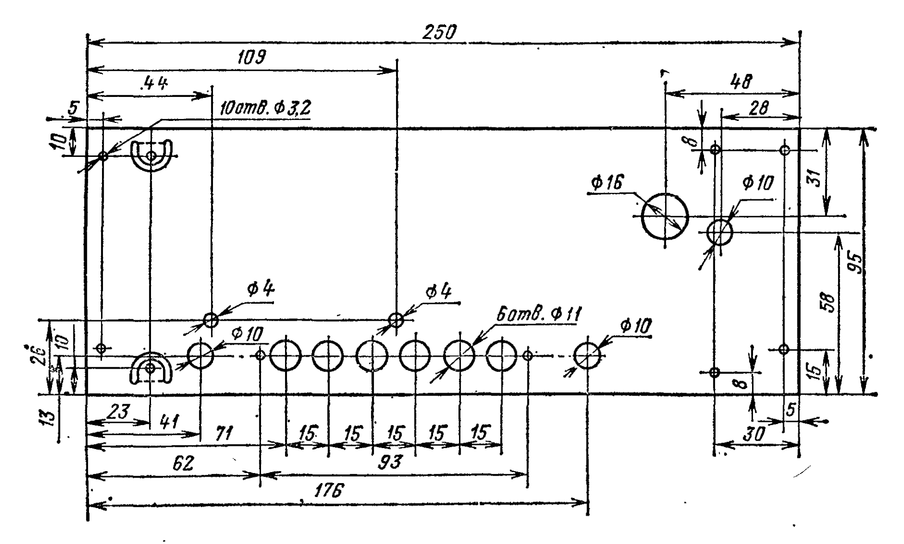


Рис. 7. Кинематическая схема привода шкалы.

Рис. 8. Чертеж подшкальника-шасси приемника.



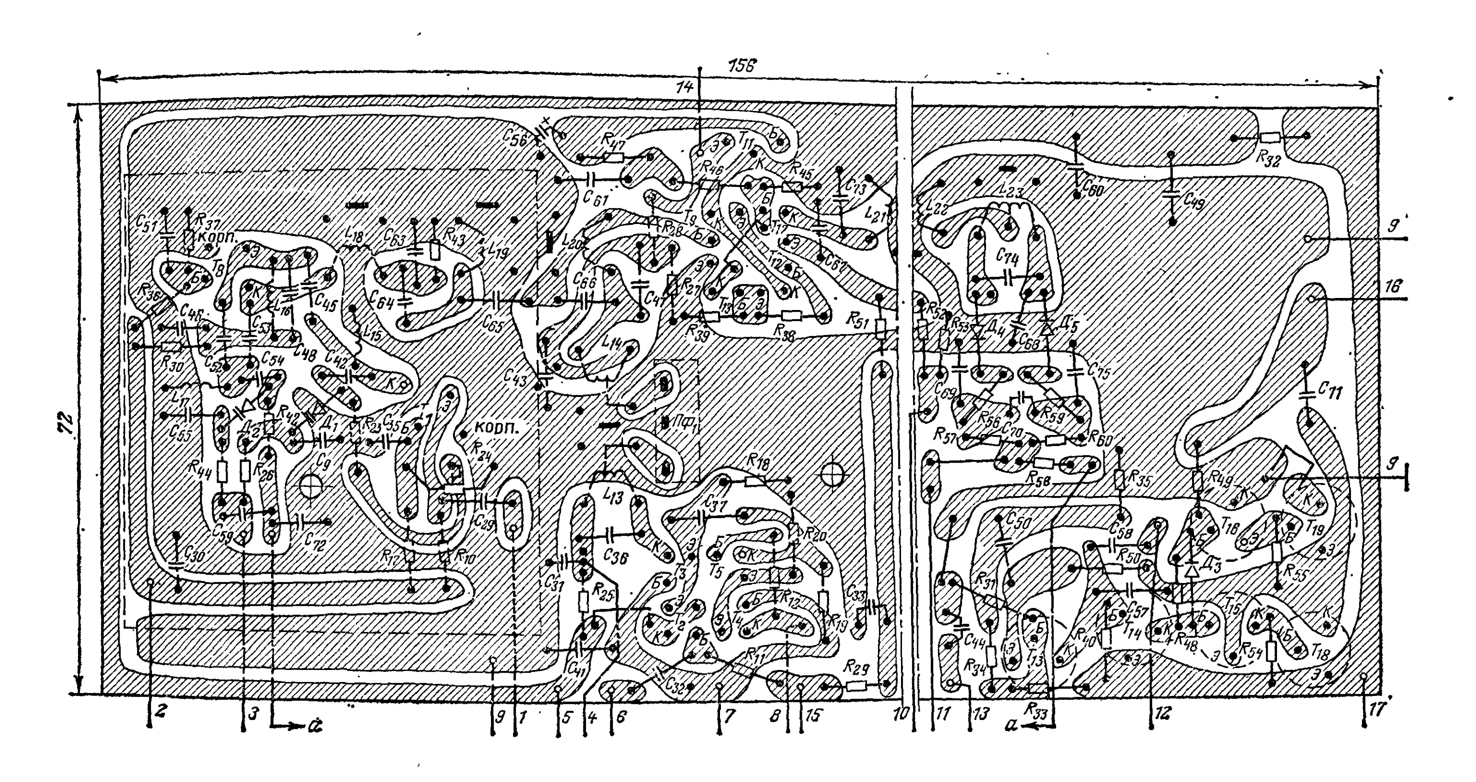


Рис. 9. Печатная плата приемника.

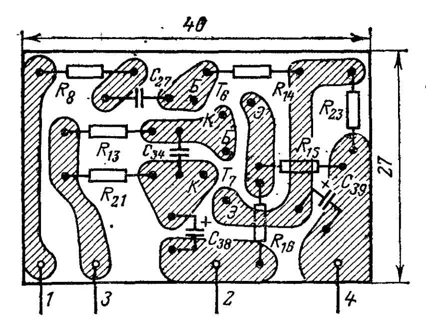


Рис. 10. Печатная плата предварительного усилителя НЧ.

Чертеж печатной платы предварительного усилителя НЧ показан на рис. 10.

Розетку СГ-3 унифицированного разъема $Ш_1$, штыревую телескопическую антенну и выключатель $В_3$ размещают на задней стенке футляра. Через отверстие в ней выводят наружу и сетевой шнур. Детали блока питания монтируют на отдельной плате из гетинакса и укрепляют ее на дне футляра между динамической головкой и монтажной платой приемника.

Блокировочные конденсаторы в приемнике желательно использовать керамические или пленочные на рабочее напряжение не менее 10–15 В. Контурные конденсаторы малой емкости – КТ или КМ, большой емкости – ПМ или КМ, желательно группы ТКЕ М47 или М75.

Блок конденсаторов переменной емкости использован от приемника «Океан» (использованы только две секции) в сборе с редуктором и барабаном верньерного механизма. Можно применить и любой другой сдвоенный блок конденсаторов на соответствующую емкость, но в этом случае может потребоваться изменение расположения кронштейнов крепления блока, крепежных отверстий диаметром 3 мм на монтажной плате и шкалы и корректировка схемы верньерного механизма.

В приемнике применена динамическая головка прямого излучения 4ГД-8Е. При сравнительно малых размерах она обеспечивает хорошее качество звучания и рассчитана на достаточно большую мощность. Возможно применение любой другой головки с диаметром диффузора не более 125 мм и сопротивлением звуковой катушки не более 4 Ом.

Для регулирования громкости и тембра возможно применение переменных резисторов СП3-9, СП3-10, СП3-12 группы В (для регулятора громкости) и А (для регулятора тембра). Резистор регулятора тембра должен быть снабжен выключателем, рассчитанным на напряжение переменного тока не менее 220 В.

Пьезокерамический фильтр $Пф_1$ – ФП1П-023 или любой другой с характеристиками, удовлетворяющими по полосе пропускания (8–10 кГц) и селективности (35–40 дБ при расстройке ±9 кГц). Контурные катушки фильтров ПЧ АМ и ЧМ наматывают в броневых ферритовых магнитопроводах диаметром 8,6 мм из феррита 600НН с подстроечниками диаметром 2,8 мм. Вся арматура катушек, использованных для описываемой конструкции, от приемника «Сокол». Возможно применение арматуры и магнитопроводов от контуров приемника «Альпинист-405». Она проста в сборке, но феррит, из которого изготовлены детали магнитопровода, имеет меньшую магнитную проницаемость (400), поэтому число витков всех контурных катушек, размещенных в них, следует увеличить на 20 %.

Контурные катушки гетеродина диапазонов СВ и ДВ наматывают на четырехсекционных каркасах. Катушки контуров КВ наматывают на гладких полистироловых каркасах диаметром 7 мм с подстроеч-

никами диаметром 2,8 и длиной 12 мм из феррита 100НН. Добротность катушек контуров ПЧ АМ должна быть не менее 100, контуров ПЧ ЧМ – около 30. Возможно применение стандартных контуров ПЧ ЧМ с их конденсаторами, но тракт ПЧ ЧМ в этом случае придется настраивать на частоту 10,7 МГц. Если при этом возникнет самовозбуждение по ПЧ, то контур $L_{21}C_{73}$ необходимо шунтировать резистором сопротивлением 5–10 кОм.

Намоточные данные всех катушек сведены в таблицу, в которой приведены также данные трансформатора блока питания.

Контурные катушки блока УКВ – бескаркасные. Их наматывают на оправке диаметром 5 мм, например на хвостовике сверла. Провод укладывают виток к витку с некоторым натяжением. Диаметр катушки, снятой с оправки, несколько увеличится. Концы провода отгибают под прямым углом по отношению к образующей катушки и обрезают так, чтобы образовались выводы длиной 5–6 мм. Выводы зачищают и облуживают.

Контурные катушки гетеродина СВ, ПЧ АМ и расположенные на стержне магнитной антенны наматывают проводом, скрученным в жгут. Для изготовления жгута в патрон дрели зажимают концы проводников, намотанные на спичку, противоположные концы закрепляют на расстоянии 2–3 м. После нескольких десятков оборотов слегка натянутого жгута скрученный провод слегка натягивают, ни в коем случае не допуская обрыва отдельных проводников, а затем освобождают из патрона дрели, следя, чтобы жгут не запутывался.

Выводы катушек, размещенных на стержне магнитной антенны, необходимо выполнять многожильным проводом (тонким монтажным в виниловой изоляции) длиной 200–250 мм. Все выводы и отводы выполняют проводом с изоляцией различного цвета или помечают разноцветными нитками на концах, собирают вместе и скрепляют отрезками поливинилхлоридной или резиновой трубки подходящего диаметра. Выводы нужно скрепить у одного из концов ферритового стержня – того, который будет закреплен в шарнирном держателе.

Подстроечные резисторы для фиксированных настроек контуров припаивают к крайним задним контактам переключателя диапазонов. Если невозможно достаточно прочно закрепить резисторы пайкой, их следует смонтировать отдельно на небольшой гетинаксовой плате, которую можно установить на переключателе или подшкальнике.

Кнопочные переключатели – П2К, с одной независимой и пятью зависимыми кнопками. Зависимые кнопки – на шесть направлений (B_1), независимая – на четыре направления с возвратом в исходное положение повторным нажатием (B_2).

Транзисторы блока УКВ должны иметь граничную частоту не менее 200 МГц, емкость коллекторного перехода не более 3 пФ и обязательно вывод от корпуса. Хорошие результаты могут быть получены с зарубежными транзисторами AF106, AF139, GF505. Возможно применение транзисторов ГТ322Б, однако результаты будут худшими. Транзисторы, работающие в преобразователе частоты тракта АМ и в усилителе ПЧ АМ/ЧМ, можно заменить, как уже упоминалось, любыми транзисторными сборками серии К217. Пригодны также любые высокочастотные кремниевые транзисторы структуры *n-p-n* с емкостью коллекторного перехода не более 7 пФ, например серий КТ316, КТ342, зарубежные KF508, KF124, KF524. Такие же транзисторы могут работать и в предварительном усилителе НЧ и первой

Обозначение по схеме	Число витков	Диаметр провода*, мм	Магнитопровод	Примечания
L_1 L_2 L_3 L_4	55 6 180 15	5×0,06 0,1 0,1 0,1	400НН	Ферритовый стержень диаметром 8 мм, длиной 160 мм
L_5 L_6	3 10	0,1 0,2	100ВЧ	Каркас диаметром 7 мм, подстроечник диаметром 2,8 мм, длиной 12 мм
L_7 L_8	160 28	3×0,06 0,1	600НН	Подстроечник диаметром 2,8 мм, длиной 12 мм; L_7 намотана в четыре секции
L_9 L_{10}	104 18	3×0,06 0,1	600НН	Подстроечник диаметром 2,8 мм, длиной 12 мм; L_9 намотана в четыре секции
L_{11} L_{12}	6 10	0,1 0,2	100ВЧ	Каркас диаметром 7 мм, подстроечник диаметром 2,8 мм, длиной 12 мм; L_{11} намотана поверх L_{12}
L_{15}	5	0,8	—	Бескаркасная
L_{16}	20	0,1	—	Намотана на резисторе МЛТ-0,5 100 кОм
L_{17}	5	0,8	—	Бескаркасная
L_{13} L_{14} L_{18} L_{19} L_{20} L_{21} L_{22} L_{23}	99 99 18 18 18 18 9 2×9	5×0,06 5×0,06 0,15 0,15 0,15 0,15 0,15 0,15	600НН	Броневой магнитопровод Ч5 с подстроечником диаметром 2,8 мм, длиной 12 мм; арматура катушек — от приемника «Сокол», каркас трехсекционный; у L_{13} и L_{14} отвод от 14-го витка; L_{22} на одном каркасе с L_{21}; L_{23} намотана в два провода, полуобмотки соединены последовательно
Tp_1	I—3000 II—2×95 Экран	0,13 0,59 0,13	УШ 16× ×24	Экран — один слой провода

* Провод везде ПЭВ-2.

ступени оконечного усилителя НЧ. Транзистор второй ступени оконечного усилителя НЧ можно заменить любым другим кремниевым транзистором структуры *p-n-p*, например КТ326, КТ337, KF517.

В выходной ступени возможно применение полностью комплементарных пар: МП38, ГТ402 и МП41, ГТ404 соответственно. Транзисторы можно заменить другими соответствующей структуры, рассчитанными на мощность до 100 мВт для предоконечной ступени и не менее

1 Вт для оконечной. Если использовать выходные транзисторы серий П214 или ГТ703, их следует крепить за пределами монтажной платы и изолировать один от другого.

В качестве трансформатора питания можно использовать ТВК-90 (или ТВК-110) – трансформатор кадровой развертки телевизора, перемотав вторичную обмотку на напряжение переменного тока 2×7 В.

Штыревая телескопическая антенна длиной 70 см – от приемника «Рига-302». Заменить эту антенну можно другой подходящей антенной, лучше всего с шаровым шарниром, позволяющим ей занимать любое пространственное положение.

Кнопки переключателей приемника выточены из сплава АЛ4 и отполированы (пластмассовые кнопки, которыми укомплектованы переключатели П2К, нужно удалить). Ручки регуляторов громкости и тембра подбирают подобными кнопкам или изготавливают самостоятельно. Внешний вид готового приемника показан на рис. 11.

По окончании монтажа приступают к налаживанию приемника. Включив блок питания, убеждаются в наличии напряжений 9 и 13 В на контактах *7* и *2* разъема $Ш_2$. Затем в разрыв плюсового проводника, идущего к оконечному усилителю, включают миллиамперметр на ток 50–100 мА. Прибор должен показывать 20–30 мА. Если ток в несколько раз больше, замыкают накоротко диод $Д_3$ в коллекторной цепи транзистора T_{14}. Прибор должен показать уменьшение тока. Если ток не изменился, то это указывает на ошибку в монтаже или неисправность какой-либо детали. Подбором резистора R_{48}, а если нужно, то и диода $Д_3$, устанавливают ток равным 8–10 мА.

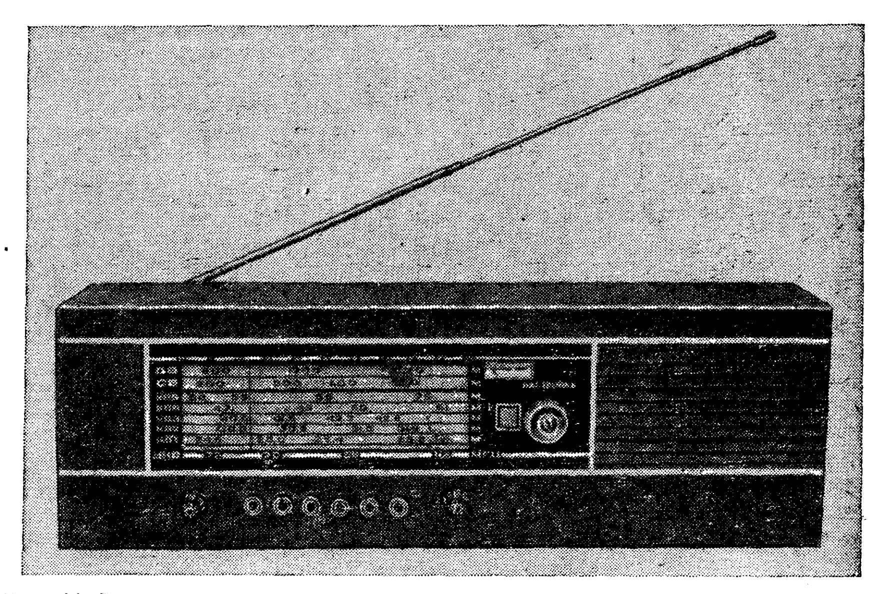


Рис. 11. Внешний вид приемника.

Затем подбором резистора R_{33} устанавливают на коллекторе транзистора T_{19} напряжение, равное половине напряжения источника питания, т. е. 4,5 В. Режим транзисторов всех ступеней оконечного усилителя НЧ при этом устанавливается автоматически. Также автоматически устанавливается и режим транзисторов предварительного усилителя НЧ. И если в нем использованы заведомо исправные детали, он не нуждается в дополнительной регулировке.

Режимы работы транзисторов тракта усилителя ПЧ устанавливают подбором резистора R_{27}, добиваясь получения на эмиттере транзистора T_{10} напряжения, равного 3,6 В. В любом положении переключателя *АМ – ЧМ* напряжения в цепях питания других транзисторов не должны отличаться более чем на 10% от указанных на схеме. В положении *АМ* вместо индикатора настройки *ИП*$_1$ включают вольтметр со шкалой на 1–3 В и подстроечным резистором R_7 устанавливают на этом участке цепи напряжение 0,25 В. При этом автоматически устанавливается примерное равенство коллекторных токов транзисторов T_2 и T_3 смесителя. Далее следует установить, нет ли паразитной генерации в гетеродине – она проявляется как шипение в громкоговорителе. Устранить ее можно подбором резистора R_{12}.

Затем приступают к настройке контуров ФСС АМ. Приемник включают на прием радиостанций диапазона СВ, емкость секций блока конденсаторов переменной емкости устанавливают максимальной, на базу транзистора T_2 через конденсатор C_{32} подают от генератора сигналов (например, Г4-102) сигнал частотой 465 кГц, напряжением 0,1–0,5 мВ, модулированный колебаниями частотой 1000 Гц (коэффициент модуляции 0,3), и подстроечниками катушек настраивают контуры $L_{13}C_{36}$ и $L_{14}C_{47}$ по минимуму показаний индикатора настройки. После этого уменьшают уровень входного сигнала и, медленно вращая ручку настройки генератора сигналов в обе стороны от установленной частоты 465 кГц, определяют истинные границы полосы пропускания пьезокерамического фильтра, которая может отличаться от номинальной более чем на 2 кГц (с учетом погрешности установки частоты генератора сигналов). Уточнив середину полосы пропускания фильтра, снова подстраивают на этой частоте контуры ПЧ, второй раз уточняют середину полосы пропускания фильтра и окончательно подстраивают контуры. Тщательность настройки контуров ПЧ гарантирует симметричность полосы пропускания и симметричность кривой селективности комбинированного фильтра.

Далее приемник включают на диапазон УКВ, сигнал частотой 6,8 МГц (без модуляции) от генератора сигналов подают на базу транзистора T_9 через конденсатор емкостью 0,01 мкФ и подстроечниками катушек L_{21} и L_{23} настраивают контуры частотного детектора. Индикатором настройки служит вольтметр с относительным входным сопротивлением не менее 10 кОм/В, подключенный параллельно конденсатору C_{70}. Точная настройка соответствует максимальному отклонению стрелки. Уровень сигнала генератора по мере настройки контуров следует уменьшать, чтобы избежать его ограничения по максимуму.

После этого вольтметр переключают на выход частотного детектора (между точкой соединения резисторов R_{57}, R_{60} и общим проводом). При точной настройке генератора сигналов на частоту

6,8 МГц напряжение на выходе частотного детектора должно быть равно нулю, а при расстройке в обе стороны по частоте должно увеличиваться по абсолютному значению до 0,2—0,5 В (в зависимости от напряжения с генератора сигналов). При изменении частоты генератора сигналов в сторону более высоких частот это напряжение должно иметь положительную полярность, а при перестройке в сторону более низких — отрицательную. Это необходимо для нормальной работы АПЧ.

Полярность выходного напряжения можно изменить пересоединением конденсатора C_{68}. В этом случае необходимо еще раз уточнить настройку контура $L_{23}C_{74}$ по нулевому показанию индикатора (вольтметра) на выходе частотного детектора.

Частотная характеристика ЧМ детектора должна быть симметричной, ширина полосы (между положениями максимумов напряжения противоположного знака) — около 300 кГц. При значительной асимметрии характеристики необходимо подстроить контур $L_{21}C_{73}$, а при заметном отличии в ширине полосы между максимумами — подобрать точнее конденсатор C_{68}. В последнем случае опять придется уточнять настройку контуров частотного детектора.

По окончании настройки контуров частотного детектора сигнал от генератора подают на эмиттер транзистора T_8, при этом колебания гетеродина срываются, и по максимуму напряжения на конденсаторе C_{70} настраивают ФСС ЧМ на ту же промежуточную частоту 6,8 МГц. Затем снова проверяют наличие нуля на выходе детектора и, если он сместился, вновь подстраивают контур $L_{23}C_{74}$. На этом налаживание тракта ПЧ можно считать оконченным.

Теперь сигнал от генератора подают на базу транзистора T_2. Включая последовательно диапазоны АМ сигналов и перестраивая генератор сигналов в границах частот каждого диапазона с некоторым запасом в обе стороны, убеждаются в нормальной работе гетеродина. Затем по шкале генератора сигналов устанавливают частотные границы и подстраивают соответствующие гетеродинные контуры: у низкочастотной границы — подстроечником катушки, у высокочастотной — подстроечным конденсатором. Контролируют настройку по минимуму показаний индикатора настройки. Так как при подстройке каждого контура на одном из концов диапазона несколько изменится настройка и на другом, то операцию по укладке частотных границ следует повторить несколько раз.

Система коммутации поддиапазонов КВ описываемого приемника имеет свою специфику настройки контуров: подстраивать индуктивность катушки L_{12} подстроечником следует на нижней частоте самого низкочастотного поддиапазона (КВ1), а подстроечный конденсатор C_{25} — на самой высшей частоте самого высокочастотного поддиапазона (КВ4).

При правильно подобранных конденсаторах C_{13} — C_{18} гетеродинные контуры поддиапазонов КВ2 и КВ3 должны оказаться настроенными на необходимые частоты. Если границы этих поддиапазонов значительно отличаются от заданных, то следует точнее подобрать конденсатор C_{24} и заново уложить частотные границы поддиапазонов КВ1 и КВ4. Когда замена конденсатора C_{24} не дает положительных результатов, следует несколько изменить емкости конденсаторов C_{16} и C_{18} гетеродинных контуров поддиапазонов КВ1 и КВ2. Эти меры дают возможность уложить все поддиапазоны КВ в

заданные частотные границы с некоторым запасом по шкале приемника.

Для сопряжения входного и гетеродинного контуров диапазонов СВ и ДВ сигнал от генератора через резистор сопротивлением 75—82 Ом нужно подать на квадратную одновитковую рамку площадью 0,38 м^2 из толстого медного провода или тонкой трубки. Рамку можно заменить витком монтажного провода диаметром 20—30 см, но рамка все же лучше: с ее помощью в дальнейшем можно измерить чувствительность приемника по полю.

Расположив приемник так, чтобы ось ферритового стержня магнитной антенны была перпендикулярна плоскости рамки, подают на рамку от генератора сигнал частотой 160 кГц и напряжением, достаточным для приема. Передвигают по стержню антенны катушку входного контура диапазона ДВ и по минимуму показаний индикатора подстраивают его на этой частоте. Затем генератор настраивают на частоту 400 кГц и по минимуму показаний индикатора конденсатором C_3 подстраивают входной контур. Уровень сигнала должен быть таким, чтобы индикатор четко фиксировал момент точной настройки. Так же как и при укладке частотных границ диапазонов, операцию по сопряжению контуров необходимо повторить несколько раз до получения наилучших результатов (добиваясь наименьшего напряжения от генератора сигналов для того же выходного напряжения или отклонения стрелки индикатора).

В диапазоне СВ контуры сопрягают на частотах 560 и 1400 кГц, в поддиапазонах КВ1 и КВ4 — соответственно на частотах 6,1 и 11,8 МГц. После сопряжения контуров диапазона КВ на указанных частотах крайних поддиапазонов проверяют чувствительность приемника на двух других поддиапазонах КВ2 и КВ3 и, если она значительно хуже, уточняют емкости конденсаторов C_9 и C_{11}.

Чувствительность приемника по полю измеряют, расположив стержень магнитной антенны перпендикулярно плоскости рамки на расстоянии 42 см от нее. Приемник по индикатору точно настраивают на установленную частоту генератора сигналов и уменьшают уровень сигнала до тех пор, пока отношение выходного напряжения при снятой модуляции к напряжению на выходе приемника при коэффициенте модуляции 30% не станет равным 1 : 10. Входное напряжение отсчитывают по аттенюатору генератора сигналов. Выходная мощность при этом должна быть не менее 50 мВт. Выходное напряжение на звуковой катушке головки громкоговорителя можно измерить вольтметром переменного тока (авометром). Выходной мощности 50 мВт при сопротивлении звуковой катушки головки 4 Ом соответствует напряжение 0,45 В.

Настройку тракта ЧМ также следует начинать с укладки частотных границ диапазона. Для этого сигнал от генератора УКВ (например, Г4-107) подают на вход блока УКВ. Нажав одну из кнопок фиксированной настройки, соответствующим подстроечным резистором устанавливают на варикапах напряжение, равное 13 В, и по шкале генератора устанавливают частоту 73,5 МГц. Включают модуляцию с девиацией частоты 22,5 кГц и, слегка подгибая витки катушки L_{17} контура гетеродина, добиваются появления сигнала на выходе приемника. Уровень сигнала от генератора устанавливают не менее 100 мкВ. Наиболее точно установить эту граничную

частоту диапазона можно смещением ближайшего к заземленному выводу катушки витка пластмассовым стержнем.

Затем напряжение на варикапах устанавливают равным 4 В и определяют частоту сигнала, на которую можно настроить приемник. Если эта частота окажется менее 65,8 МГц, то работу по укладке границ диапазона УКВ можно прекратить. Если она окажется выше даже при снижении напряжения на варикапах до 3 В, то необходимо уменьшить начальную емкость контура гетеродина: отдалить насколько возможно выводы деталей, непосредственно подключенных к контурной катушке, от проводников, соединенных с общим проводом; заменить конденсатор C_{52} другим, меньшей емкости, следя при этом за тем, чтобы не сорвались колебания гетеродина. Возможно, придется подобрать и конденсатор C_{48}. Этих мер вполне достаточно, чтобы обеспечить устойчивую работу гетеродина и правильное положение низкочастотной границы диапазона при напряжении на варикапах не менее 4 В.

Далее переходят к сопряжению настройки гетеродина и усилителя радиочастоты. Установив на варикапах напряжение 13 В и убедившись, что частота принимаемого сигнала 73,5 МГц, несколько отступают от этой частоты, например до 72—72,5 МГц, и по максимуму напряжения на конденсаторе C_{70}, как при настройке тракта ПЧ ЧМ, подстраивают индуктивность катушки L_{15}. Для уверенной индикации настройки напряжение на выходе генератора сигналов должно быть минимально возможным. Затем изменением напряжения на варикапах приемник настраивают на сигнал частотой 66,5—66 МГц и подстроечным резистором R_{24} добиваются максимального уровня приема сигнала этой частоты. Когда этого сразу добиться не удается, то выясняют, в каком из крайних положений движка резистора R_{24} получается наибольшее напряжение на выходе частотного детектора: если при верхнем (по схеме) положении, значит, велика начальная емкость в контуре усилителя ВЧ и ее следует уменьшить (как это было рекомендовано для контура гетеродина) и подобрать конденсатор C_{45} меньшей емкости, а если при нижнем, то начальную емкость контура следует увеличить путем подключения параллельно катушке L_{15} конденсатора емкостью 3—4,7 пФ.

Затем уточняют расстояние между витками катушки при настройке на сигнал частотой 72—72,5 МГц, опять переходят на низшую частоту сопряжения и вновь подстраивают емкость варикапа $Д_1$ подстроечным резистором R_{24}. Добившись максимума на этой частоте, опять переходят на высшую частоту сопряжения, уточняют настройку на ней и так до тех пор, пока не будут получены наилучшие результаты в обеих точках настройки. После сопряжения контуров поочередно включают кнопки фиксированных настроек и соответствующими подстроечными резисторами настраивают приемник на выбранные радиостанции диапазона УКВ.

УДК 621.317.049.77

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР НА МИКРОСХЕМАХ

В. БАРТЕНЕВ (СССР)

Измерительный прибор, описанный ниже, предназначен для измерения постоянных и переменных напряжения и тока, активного и реактивного сопротивления, частоты. Его особенностями являются широкий интервал измеряемых значений, линейность шкалы во всех режимах измерения, относительно небольшое число точных образцовых резисторов, возможность питания как от сети, так и от батарей, портативность. Предусмотрены возможность измерения подключения прибора и установка его стрелки на нуль без отключения щупов от контролируемой цепи. Малые габариты и масса, высокая стабильность работы и экономичность прибора достигнуты благодаря использованию в нем интегральных микросхем.

Прибором можно измерять постоянное и переменное напряжения от 1 мВ до 1 кВ на поддиапазонах 10 мВ, 30 мВ, 100 мВ, 300 мВ, 1000 мВ, 3000 мВ, 10 В, 30 В, 100 В, 300 В, 1000 В; постоянный и переменный токи от 1 нА до 3 А на поддиапазонах 10 нА, 30 нА, 100 нА, 300 нА, 1000 нА, 3000 нА, 10 мкА, 30 мкА, 100 мкА, 300 мкА, 1000 мкА, 3000 мкА, 10 мА, 30 мА, 100 мА, 300 мА, 1000 мА, 3000 мА. Приведенная погрешность измерения постоянных напряжения и тока не превышает $\pm 2\%$, а переменных $\pm 4\%$ в интервале частот 40 Гц – 50 кГц. В интервале частоты от 20 Гц до 150 кГц погрешность показаний прибора не превышает $\pm 6\%$.

Входное сопротивление прибора по постоянному току составляет 10 МОм на всех поддиапазонах. Входная емкость прибора на поддиапазонах 10–3000 мВ не более 25 пФ, а на поддиапазонах 10–1000 В не более 15 пФ. Падение напряжения на приборе при измерении тока на всех поддиапазонах, кратных трем, – 300 мВ, а на остальных – 100 мВ. Шкала прибора для переменных тока и напряжения проградуирована в средневыпрямленном значении синусоидального напряжения (тока).

Активное сопротивление прибором можно измерять в пределах от 1 Ом до 1000 МОм на поддиапазонах 10 Ом, 100 Ом, 1000 Ом, 10 кОм, 1000 кОм, 10 МОм, 100 МОм, 1000 МОм. Погрешность измерения на поддиапазонах 10 Ом – 1 МОм не хуже $\pm 2\%$, на остальных – не хуже $\pm 5\%$. Поддиапазоны измерения электрической емкости: 100 пФ, 300 пФ, 1000 пФ, 3000 пФ, 10 нФ, 30 нФ, 100 нФ, 300 нФ, 1000 нФ, 3000 нФ, 10 мкФ, 30 мкФ, 100 мкФ, 300 мкФ. Поддиапазоны измерения индуктивности: 1000 мкГн, 3000 мкГн, 10 мГн, 30 мГн, 100 мГн, 300 мГн, 1000 мГн, 3000 мГн. Погрешность измерения индуктивности и емкости не превышает $\pm 5\%$. При измерении активного и реактивного сопротивлений предусмотрена калибровка прибора по встроенным образцовым резистору, конденсатору и катушке индуктивности.

Частоту можно измерять на следующих поддиапазонах: 10 Гц, 30 Гц, 100 Гц, 300 Гц, 1000 Гц, 3000 Гц, 10 кГц, 30 кГц, 100 кГц.

Прибор питается от двух батарей «Крона». Ток, потребляемый от источника питания в режимах измерения напряжения, тока и сопротивления, не превышает 5 мА, а в режимах измерения емкости и индуктивности – 10 мА. В режиме измерения сопротивления дополнительно подключают элемент 373. В приборе предусмотрен контроль питающих напряжений.

С помощью генератора треугольного напряжения, входящего в состав прибора и используемого в режиме измерения индуктивности и емкости, можно также налаживать различные низкочастотные радиолюбительские устройства. Генерируемые частоты приблизительно равны 2 Гц, 200 Гц (режим измерения емкости), 2 кГц, 20 кГц (режим измерения индуктивности). Амплитуду выходного низкочастотного напряжения можно плавно регулировать в пределах от 20–30 мВ до 2–3 В.

Размеры прибора 250 × 190 × 90 мм, масса – около 2 кг.

Работу прибора в различных режимах удобнее рассматривать, пользуясь упрощенными схемами. Наиболее часто в радиолюбительской практике приходится измерять напряжение. Упрощенная схема измерения постоянного напряжения изображена на рис. 1. Измеряемое напряжение поступает на неинвертирующий вход операционного усилителя MC_1, усиливается и подводится к стрелочному прибору – микроамперметру $ИП_1$. При достаточно большом коэффициенте усиления операционного усилителя ток $I_{ИП}$ стрелочного прибора $ИП_1$ определяется простой формулой:

$$I_{ИП} = \frac{U_x}{R_{о.с}},$$

где U_x – входное измеряемое напряжение, а $R_{ОС}$ – сопротивление резистора обратной связи.

Это соотношение позволяет рассчитать сопротивление резистора обратной связи. Так, для измерения напряжения 1 В при токе полного отклонения стрелки прибора $ИП_1$ 100 мкА сопротивление резистора обратной связи должно быть равно 10 кОм.

Погрешность измерения напряжения зависит в основном от погрешности стрелочного прибора и допуска на сопротивление резистора обратной связи. Для расширения пределов измерения применяют входной делитель напряжения. При измерении переменного напряжения стрелочный прибор включают в цепь обратной связи через диодный мост $Д_1 – Д_4$ (рис. 2).

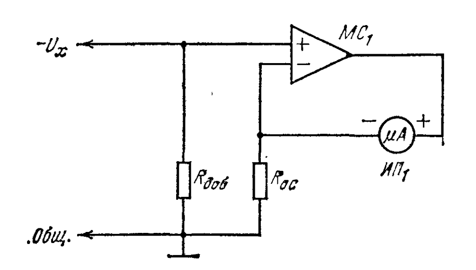


Рис. 1. Схема измерения постоянного напряжения.

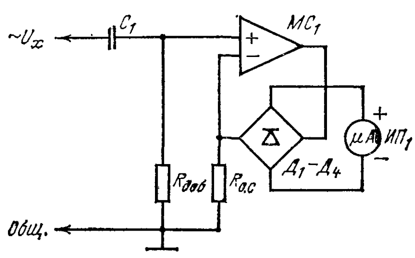


Рис. 2. Схема измерения переменного напряжения.

Большой коэффициент усиления операционного усилителя позволяет снизить порог детектирования, повысить линейность и стабильность характеристики выпрямителя. Приближенно можно считать, что напряжение детектирования в этом случае уменьшается до $U_{пор}/K_{ОУ}$, где $U_{пор}$ — пороговое напряжение, т. е. напряжение открывания p-n перехода диода, которое для кремниевых диодов составляет около 0,7 В, а $K_{ОУ}$ — коэффициент усиления операционного усилителя. Так как нижний предел измерения переменного напряжения в приборе выбран равным 10 мВ, то для обеспечения линейности шкалы при токе через микроамперметр, равном 0,5—1% номинального, операционный усилитель должен иметь коэффициент усиления не менее 10 000.

Резистор $R_{о.с}$ в цепи обратной связи, как и при измерении постоянного напряжения, определяет верхний предел измерений. Но показание стрелочного прибора соответствует теперь среднему значению выпрямленного синусоидального тока, протекающего через него, т. е. шкала переменного напряжения в этом случае оказывается проградуированной в средневыпрямленном значении синусоидального напряжения. Расширение пределов измерения свыше 3 В достигается, как и при измерении постоянного напряжения, применением входного делителя напряжения. Для сохранения постоянного коэффициента деления на частотах свыше нескольких килогерц используют корректирующие конденсаторы. Верхний предел частотного интервала измеряемого переменного напряжения практически полностью определяется частотными свойствами операционного усилителя. Стабильность амплитудной характеристики прибора зависит от дрейфа нуля операционного усилителя.

Постоянный и переменный токи измеряют по классической схеме (рис. 3), определяя падение напряжения, создаваемое измеряемым током на известном сопротивлении. Для уменьшения сопротивления резисторов, входящих в шунт при измерении тока, и уменьшения падения напряжения на шунте использованы только два фиксированных поддиапазона измерения напряжения.

При измерении сопротивления операционный усилитель включают по схеме, изображенной на рис. 4. Малый входной ток и большой коэффициент усиления операционного усилителя $МС_1$ обеспечивают линейность шкалы. Измеряемое сопротивление R_x включают в цепь обратной связи усилителя. Ток на инвертирующем входе операционного усилителя задан батареей $Б_1$ и добавочным резистором $R_{доб}$. Ток через этот резистор практически равен току через R_x, поэтому

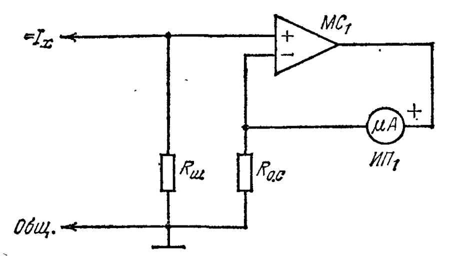


Рис. 3. Схема измерения постоянного тока.

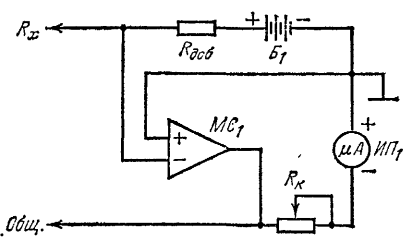


Рис. 4. Схема измерения сопротивления.

ния операционного усилителя, а нижний (5—10 Гц) обусловлен инерционностью подвижной системы микроамперметра $ИП_1$.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 8. Желаемый режим измерения выбирают кнопочным переключателем, состоящим из пяти секций с зависимой фиксацией ($В_1$, $В_2$, $В_3$, $В_4$, $В_5$), соответствующих измерению напряжения, тока, сопротивления, индуктивности и емкости. Для измерения частоты нажимают две кнопки — $В_5$ и $В_6$ (с независимой фиксацией).

Пределы измерения изменяют переключателем $В_8$ на три положения, а масштаб шкалы выбирают переключателем $В_7$ на шесть положений. Группа из трех кнопок $В_9$, $В_{10}$ и $В_{12}$ с зависимой фиксацией служит для изменения полярности включения стрелочного прибора $ИП_1$ при измерении постоянных тока и напряжения и подключения его к диагонали диодного моста $Д_1 - Д_4$ при измерении переменных тока и напряжения, емкости, индуктивности, частоты.

Цепи калибровки выполнены так, что в режиме измерения сопротивления и индуктивности калибровочный резистор R_9 или калибровочная катушка L_1 подключены к прибору и при нажатии на кнопку $В_{13}$ отключаются. При измерении емкости калибровочный конденсатор C_7, наоборот, подключается к прибору при нажатии на эту кнопку. Калибровочные резистор, конденсатор и катушку желательно применять с возможно более точными номиналами. Для удобства калибровки в приборе применен сдвоенный переменный резистор R_8R_{29}. В положении *Нуль* измеряемое напряжение отключается, а вход операционного усилителя «заземляется». Это позволяет контролировать «уход нуля» вольтметра, не отключая щупов прибора от источника измеряемого напряжения.

Кнопка $В_{14}$ с фиксацией служит для включения прибора. При включенном приборе нажатием на кнопку $В_{11}$ без фиксации контролируют напряжение батарей $Б_2$ и $Б_3$. В зависимости от того, какая кнопка нажата — $В_9$ или $В_{10}$, прибор покажет напряжение батарей

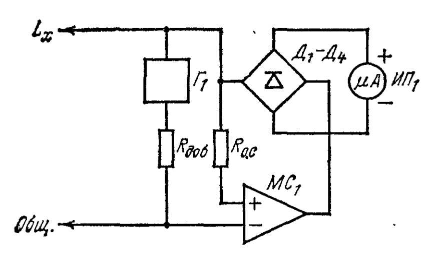


Рис. 5. Схема измерения емкости.

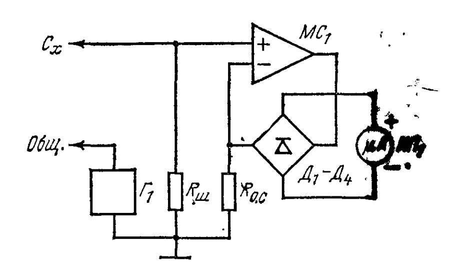


Рис. 6. Схема измерения индуктивности.

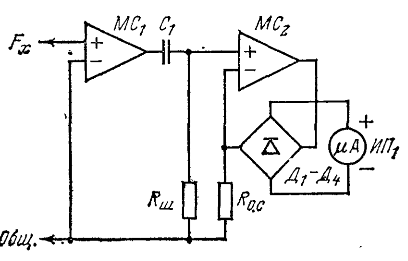


Рис. 7. Схема измерения частоты.

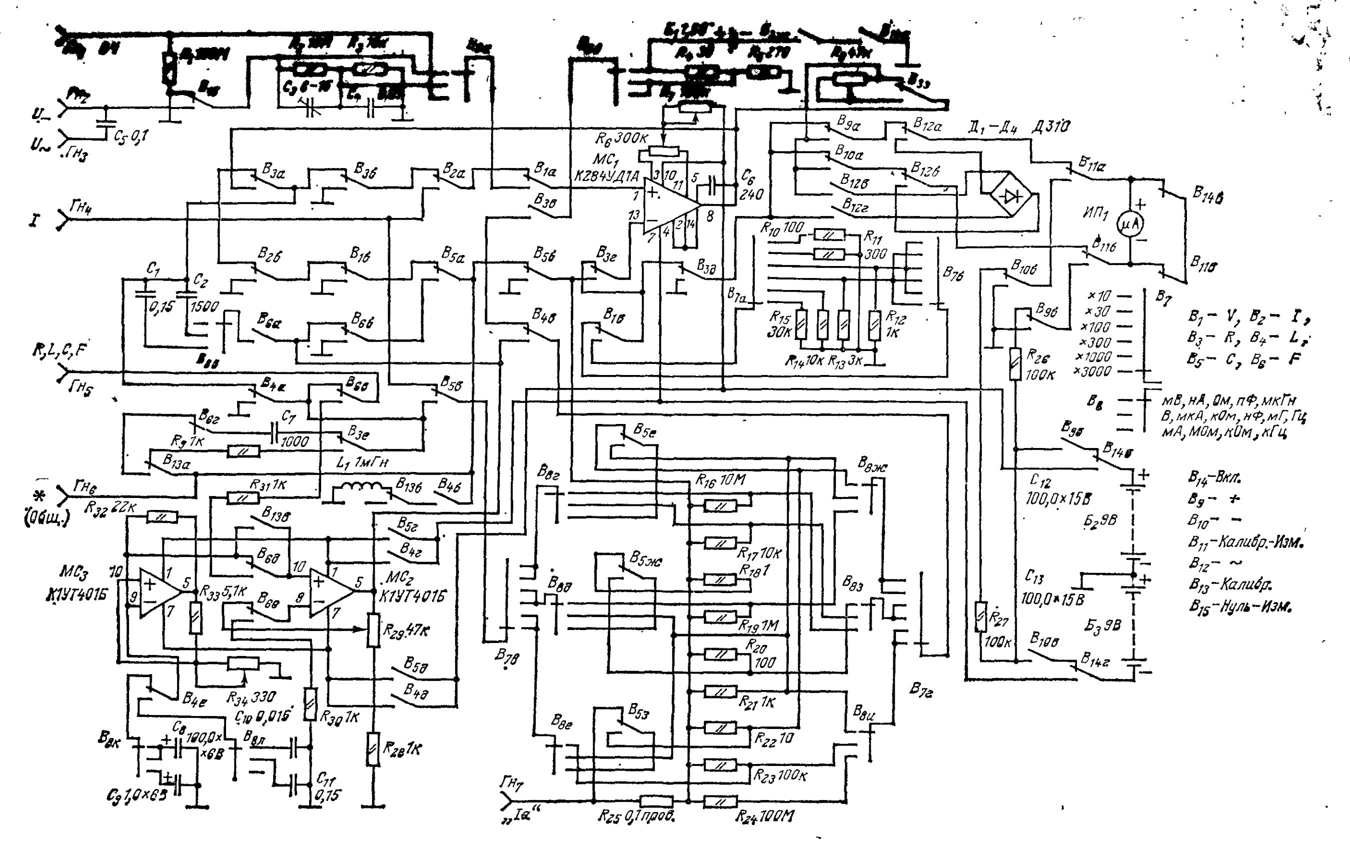
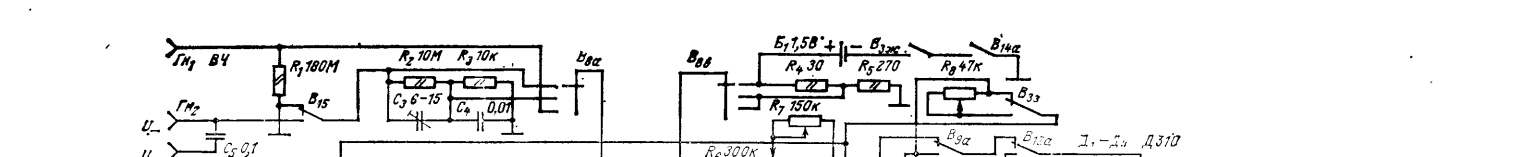


Рис. 8. Принципиальная схема прибора.



ГН1 ВЧ
R1 180М
R2 10М
R3 10к
С3 6-15
С4 0,01
В15
ГН2
U–
С5 0,1
В8а
В8в
Б1 1,5В
В3ж
В14а
R4 30
R5 270
R8 47к
В33
R7 150к
R6 300к
В9а
В12а
Д1-Д4 Д310

$Б_1$ или $Б_3$. Сопротивления резисторов R_{26}, R_{27} одинаковы. Они включаются в цепь прибора $ИП_1$ при проверке работоспособности батарей.

Операционный усилитель $МС_1$ в приборе является основным активным элементом, используемым во всех режимах измерения. Его коэффициент усиления по постоянному току при разомкнутой цепи обратной связи должен быть не менее 10 000. Частота входного сигнала, при которой усиление уменьшается до единицы, должна достигать сотен килогерц. Особо следует подчеркнуть необходимость минимальных «дрейфа нуля» (не хуже 100 мкВ/°С) операционного усилителя и его входного тока (не более 10^{-9} А). Максимальное допустимое выходное напряжение должно быть не менее $\pm$(3,5–4) В. Напряжение смещения нуля микросхемы устанавливают переменными резисторами R_6, R_7 (*Установка нуля, Грубо* и *Точно*). Для повышения устойчивости работы микросхемы включен конденсатор C_6.

Именно треугольная форма напряжения измерительного генератора прибора выбрана с целью повышения точности измерений (особенно на очень низкой частоте). Генератор треугольного напряже-

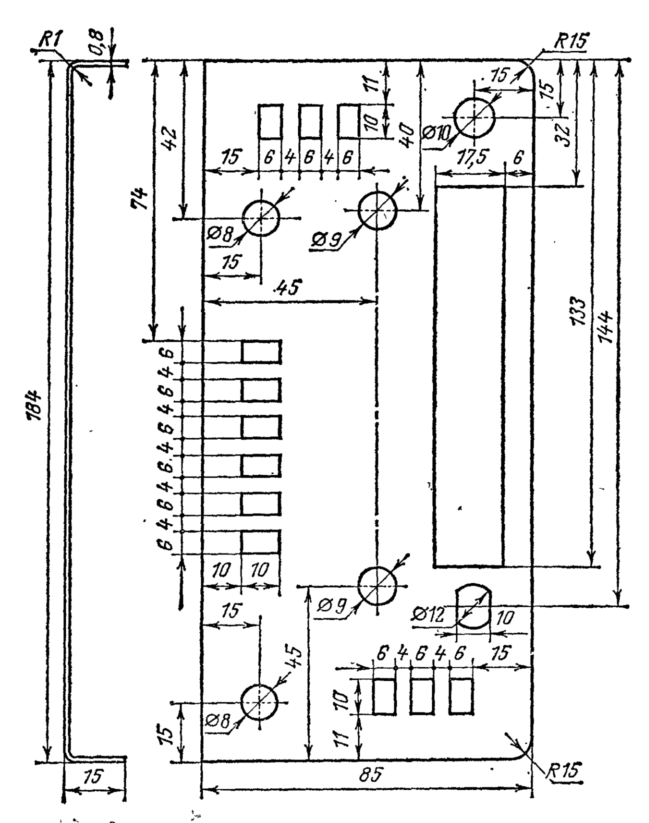


Рис. 9. Передняя панель прибора.

ния собран на микросхемах MC_2 и MC_3. Микросхема MC_3 работает в режиме релаксационного генератора благодаря положительной обратной связи с выхода на неинвертирующий вход. Для дополнительного усиления треугольного напряжения использована микросхема MC_2, включенная как неинвертирующий усилитель с регулируемым коэффициентом усиления. Изменяя глубину отрицательной обратной связи резистором R_{29}, можно регулировать амплитуду напряжения треугольной формы на выходе генератора. Частоту генератора изменяют переключением конденсаторов C_{10}, C_{11} в режиме измерения индуктивности и C_8, C_9 в режиме измерения емкости. Отношения емкостей конденсаторов C_{10}, C_{11} и C_8, C_9 должны быть выдержаны с точностью не хуже 2–5%.

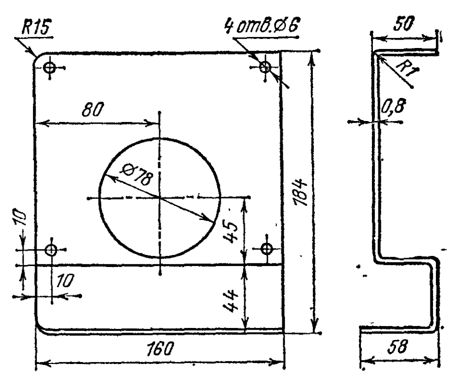


Рис. 10. Скоба для крепления микроамперметра.

Измерительный прибор выполнен в виде переносной конструкции. Стрелочный прибор $ИП_1$ и батареи питания размещены в левой части футляра, все остальные элементы – в правой. На передней панели прибора расположены тумблер *Измерение – Нуль*, входные зажимы, кнопочные переключатели, ручки переменных резисторов калибровки и установки нуля. Чертеж передней панели показан на рис. 9. Она изготовлена из листовой стали Ст3 толщиной 0,8 мм. Снаружи передняя панель прикрыта фальшпанелью из стеклотекстолита толщиной 1 мм. Микроамперметр М266, две батареи «Крона» и элемент 373 закреплены на скобе, представляющей собой левую часть передней панели. Чертеж скобы изображен на рис. 10. Она изготовлена из того же материала, что и передняя панель. Пространство под микроамперметром, закрываемое снаружи крышкой, использовано для хранения соединительных проводников и щупов. Внешний вид прибора изображен на рис. 11.

Операционные усилители и элементы, определяющие их режим, размещены на отдельной плате. Большинство резисторов и конденсаторов распаяны на выводах переключателей. Следует подчернуть, что описываемый прибор имеет высокую чувствительность и на его показания могут влиять всякого рода наводки и помехи. Поэтому прибор должен быть хорошо экранирован. Футляр следует выполнять глухим, без отверстий, из проводящего материала. Можно футляр изготовить и из пластмассы, но в этом случае он должен быть оклеен изнутри медной или латунной фольгой. Отсек, в котором расположены операционные усилители, желательно герметизировать, поместив туда осушитель (силикагель или пятиокись фосфора).

Вместо микроамперметра М266 можно использовать любой, имеющий ток полного отклонения стрелки 100 мкА, например М24, М265. Обе шкалы микроамперметра, одна на 100, а другая – на 300 делений – равномерные. Такой выбор шкал позволяет отсчитывать показания на последних двух третях шкалы. Переключатель B_7 на шесть положений – ПГ2-11-6П6НТ, B_8 – галетный на три положения

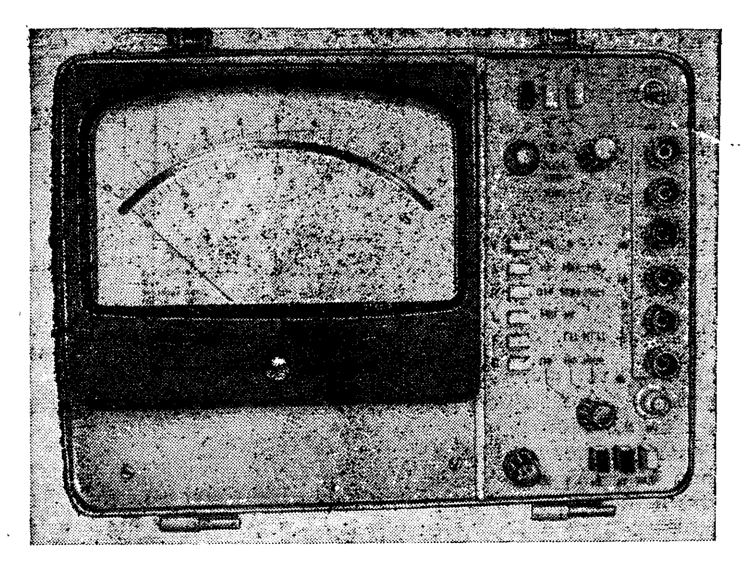


Рис. 11. Внешний вид прибора.

ПГЗ-3П12Н, B_{15} – П1Т2-1Т. Остальные переключатели – кнопочные, П2К.

Резисторы R_2, R_3, $R_{10}-R_{25}$ должны быть подобраны с точностью не хуже 1 %. В приборе могут быть использованы микросхемы серии К1УТ531 (чехословацкий аналог – АА500). Однако при этом на входе микросхемы, используемой вместо К284УД1А, необходимо включить ступень на микросборке полевых транзисторов (рис. 12) для увеличения входного сопротивления операционного усилителя. Если не удалось приобрести микросборку КПС105А, ее можно заменить чехословацкими транзисторами AD3954 или подходящими отечественными. В последнем случае оба транзистора следует подобрать как можно более близкими по параметрам. При питании операционных усилителей пониженным напряжением уменьшается потребляемый ими ток, при этом коэффициент усиления еще остается достаточно большим (не менее 10000). Диоды $Д_1-Д_4$ (рис. 8) могут быть применены любые маломощные.

Налаживание правильно собранного из исправных деталей прибора не представляет трудностей. Для повышения устойчивости операционного усилителя $МС_1$ может потребоваться более точный подбор корректирующего конденсатора C_6. Возбуждение операционного усилителя проявляется в зашкаливании стрелки прибора и в повышенном потребляемом токе усилителя. Нормально работающий усилитель потребляет ток 2–3 мА (от каждой из батарей $Б_2$ и $Б_3$). Налаживание генераторов треугольного напряжения сводится к установке подстроечным резистором R_{34} такого режима микросхемы $МС_3$, чтобы амплитуда треугольного напряжения на выводе *9* микросхемы была равной 20–50 мВ. В некоторых случаях для обеспечения устойчивой работы микросхемы $МС_3$ требуется включить между выво-

дами 3 и 4 конденсатор емкостью 30 пФ, а между выводами 1 и 12 — последовательно включенные резистор сопротивлением 100 Ом и конденсатор емкостью 1000 пФ.

При проверке прибора в разных режимах измерения образцовые приборы выбирают так, чтобы их верхний предел отличался от верхнего предела проверяемого прибора не более чем на 25%. Проверку начинают после пятиминутного прогрева приборов. В режиме измерения постоянного напряжения и тока следует применять образцовые приборы магнитоэлектрической системы класса точности не хуже 0,5.

Перед проверкой в режиме измерения переменного напряжения прибор нужно настроить. Для этого на прибор от звукового генератора подают напряжение частотой 1000 Гц такой амплитуды, чтобы стрелка прибора установилась на последнее деление десятивольтовой шкалы. Затем, сохраняя неизменной амплитуду напряжения, увеличивают частоту до 50 кГц и, вращая ротор подстроечного конденсатора C_3, вновь устанавливают стрелку прибора на последнее деление шкалы. Необходимо иметь в виду, что линейность шкалы прибора на частоте 100 кГц и более начинает нарушаться.

Проверку прибора в режимах измерения сопротивления, емкости и индуктивности удобнее всего производить по образцовым резисторам, конденсаторам и катушкам индуктивности.

Перед каждым включением прибора для измерений необходимо проверять питающие напряжения. Если оба напряжения не менее 8 В, включают прибор нажатием кнопки B_{14}.

Для повышения точности измерений переключатель B_7 пределов нужно ставить всегда в такое положение, чтобы отсчитывать измеряемое значение ближе к концу шкалы.

При измерении малых значений переменного напряжения нужно убедиться, что на вход прибора поступает только измеряемое напряжение, а не какие-либо наводки, помехи. Если окажется, что на соединительные проводники наводится напряжение помех, то для соединения прибора с источником измеряемого напряжения следует применять экранированый кабель, подключаемый к экранированному разъему (ВЧ) и установить переключатель B_8 в положение 1. К этому же разъему можно подключать детекторную головку для измерения

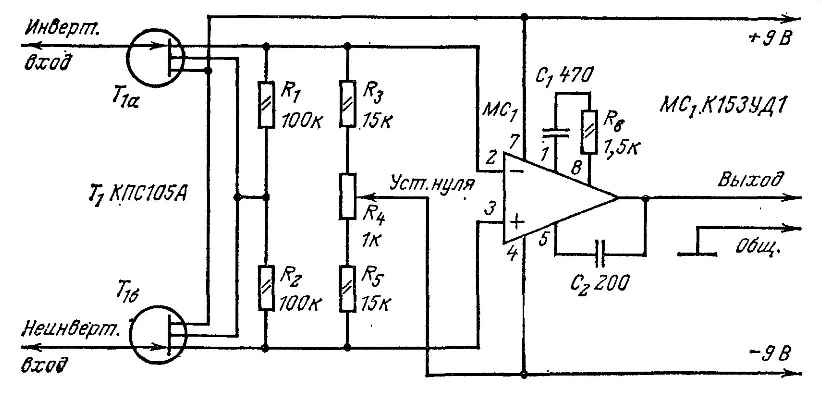


Рис. 12. Схема одного из вариантов замены микросхемы К284УД1.

напряжения частотой до 100 МГц. Однако шкала получается нелинейная, что требует ее дополнительной градуировки с помощью генератора стандартных сигналов.

Этот же разъем используют при измерении напряжения в высокоомных цепях. Так как вход операционного усилителя резисторами не шунтируется, высокоомный вход вольтметра (входное сопротивление более 150 МОм) может быть использован и для измерения различных электрических и неэлектрических величин, преобразованных в пропорциональное им напряжение с помощью емкостных или пьезоэлектрических датчиков.

Перед измерением сопротивления нажимают на кнопки B_3 и B_{10} и переключателями B_7 и B_8 устанавливают поддиапазон, соответствующий сопротивлению нужного калибровочного резистора. Например, для калибровочного резистора $R_9 = 1000$ Ом переключатель B_8 ставят в положение *Ом*, а B_7 — в положение *1000* и переменным резистором *Калибровка* совмещают стрелку с последним делением шкалы. Затем подключают к прибору измеряемый резистор и нажимают на кнопку B_{13}, а переключателями B_7 и B_8 устанавливают наиболее удобный для измерения поддиапазон.

При измерении емкости нажимают на кнопки B_5 и B_{12}, а переключателями B_7 и B_8 устанавливают предел, равный емкости соответствующего калибровочного конденсатора. Например, для калибровочной емкости в 1000 пФ переключатель B_8 ставят в положение *пФ;* а B_7 — в положение *1000*. Подстройку производят при нажатой кнопке B_{13} переменным резистором, совмещая стрелку прибора с последним делением шкалы. Кнопку B_{13} отпускают (нажимают на нее еще раз) и подключают измеряемый конденсатор к зажимам прибора.

В режиме измерения индуктивности нажаты кнопки B_4 и B_{12}, а переключатели B_7 и B_8 находятся в положениях, соответствующих

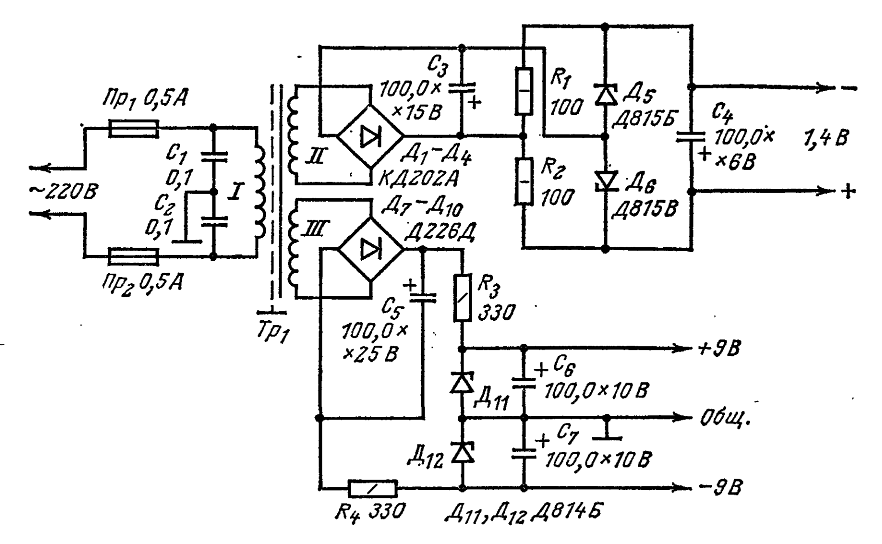


Рис. 13. Принципиальная схема блока питания прибора от сети.

калибровочной индуктивности. Вращая ручку переменного резистора *Калибровка*, совмещают стрелку прибора с последним делением шкалы. Затем подключают измеряемую индуктивность к зажимам прибора, нажимают на кнопку B_{13} и считывают показание стрелки.

При использовании генератора треугольного напряжения для налаживания низкочастотной аппаратуры в зависимости от требуемой частоты включают режим измерения индуктивности или емкости. В первом случае должна быть нажатой кнопка B_4, а переключатель B_7 должен быть в положении *1000* или *3000*. В положении *мкГн* переключателя B_6 частота выходного треугольного напряжения, которое снимают с гнезда *Общ.* (*), — примерно 20 кГц, а в положении *мГн* — 2 кГц. В режиме же измерения емкости частота треугольного напряжения равна приблизительно 200 Гц в положениях *пФ* и *нФ* переключателя B_8 и около 2 Гц — в положении *мкФ*. Амплитуду выходного треугольного напряжения можно изменять переменным резистором калибровки.

Для измерения частоты нажимают на кнопки B_5 и B_6. Переключатели B_7 и B_8 устанавливают в положение *Гц* и *1000* (или *3000*) соответственно. Затем нажимают на кнопку B_{13} и по отклонению стрелки убеждаются в работоспособности прибора в данном режиме. После этого к прибору подключают источник напряжения измеряемой частоты и, подобрав переключателями B_7 и B_8 наиболее удобный поддиапазон, считывают показание стрелки.

При эксплуатации прибора в стационарных условиях можно применить сетевой блок питания, схема которого изображена на рис. 13. Трансформатор $Тр_1$ собран на магнитопроводе Ш16 × 32. Обмотка *I* содержит 2200 витков провода ПЭВ-1 0,16, обмотка *II* — 150 витков провода ПЭВ-1 0,69 и обмотка *III* — 210 витков провода ПЭВ-1 0,35. Экран между сетевой и вторичными обмотками представляет собой однослойную обмотку из провода ПЭВ-1 0,16.

УДК 621.374.32

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СЧЕТЧИК

М. ШВЕСТКА, И. ЗУСКА (ЧССР)

Из всех известных методов измерений наиболее точным считают метод, основанный на измерении времени, частоты или периода. Это объясняется тем, что гораздо легче получить весьма точные образцы (эталоны) частоты, чем образцы других величин, а также тем, что методика измерений оказывается очень простой, особенно при использовании современной электроники. Примером этому служит описываемый ниже прибор — универсальный счетчик, — который может найти широкое применение при различных измерениях электрических и неэлектрических величин. Его технические характеристики:

Интервал измеряемой частоты, МГц	0—15
Чувствительность по входу на частоте 1 МГц, мВ	2
Входное сопротивление, МОм	1
Входная емкость, пФ	20

Прибор питается от сети переменного тока 220 В, 50 Гц и потребляет мощность около 20 Вт. Размеры прибора 390 × 280 × 70 мм.

Универсальный счетчик позволяет измерять частоту, период, отношение двух частот, временной интервал (двумя каналами), подсчитывать импульсы. Он может быть использован также как источник образцовых частот 1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц, 1 Гц, 0,1 Гц при скважности 2 или как делитель частоты внешнего сигнала (коэффициенты деления 10, 100, 1000, 10 000, 100 000, 1 000 000, 10 000 000) при скважности 2.

Конструкция прибора допускает последующее его усовершенствование с целью улучшения некоторых параметров.

Развитие электроники, в первую очередь расширение масштабов производства интегральных микросхем, привело к тому, что весьма высокая точность измерений, бывшая в прошлом привилегией профессиональных лабораторий, стала доступной и в радиолюбительской практике. В подавляющем большинстве случаев при таких измерениях используют универсальные счетчики — приборы, в которых частота (период, длительность импульса и т. д.) измеряемого сигнала сравнивается с образцовой частотой. Точность измерения зависит прежде всего от точности и стабильности образцовой частоты. В современных универсальных счетчиках применяют образцовые кварцевые генераторы с временной стабильностью примерно 10^{-6} и лучше. Кратковременная стабильность (в течение нескольких секунд или минут) бывает еще лучше в сто раз и более.

Измеряемый сигнал сначала преобразуют (структурная схема на рис. 1) в сигнал прямоугольной формы с уровнем, удобным для его дальнейшей обработки цифровым устройством. Для ТТЛ микросхем это будет соответствовать для логического 0: 0–0,8 В

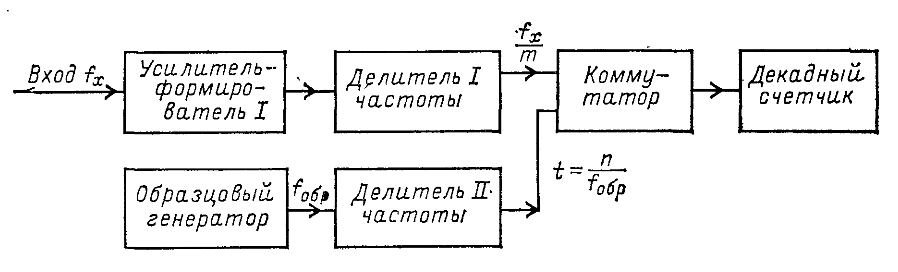


Рис. 1. Структурная схема измерителя частоты.

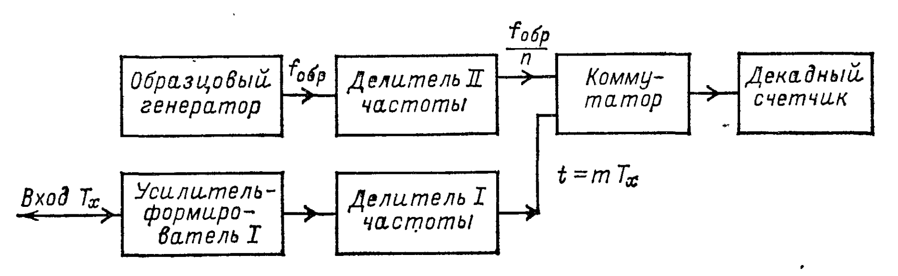


Рис. 2. Структурная схема измерителя периода.

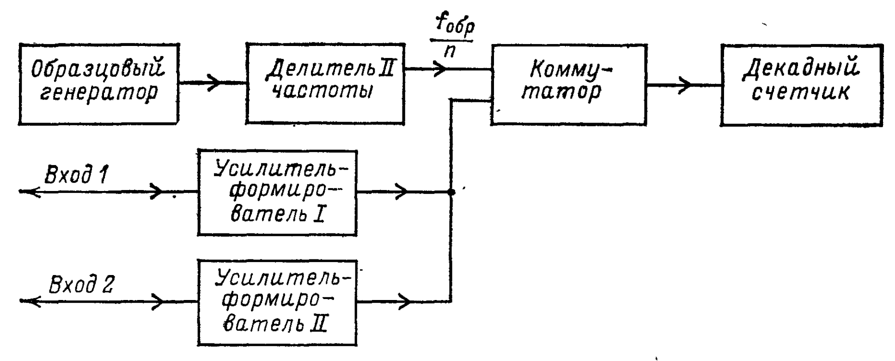


Рис. 3. Структурная схема измерителя временного интервала.

для входов и 0—0,4 В для выходов узлов; для логической 1:2—5 В для входов и 2,4—5 В для выходов.

Затем сигнал в течение строго определенного интервала времени поступает на вход декадного счетчика, который считает в десятичном коде число импульсов. Если время счета (измерительный интервал) равно 1 с, то число учтенных импульсов равно частоте, выраженной в герцах. Измерительный интервал задается периодом сигнала внутренней образцовой частоты.

Принцип измерения отношения частот сходен с принципом измерения частоты, а структурная схема аналогична показанной на рис. 1. Вместо образцовой частоты $f_{обр}$ на вход делителя *II* подают внешний сигнал f_y, с частотой которого сравнивают частоту сигнала f_x.

При измерении периода сигнала усиленный и сформированный сигнал (если необходимо, его частоту делят на m) подают на вход коммутатора (рис. 2). Коммутатор в течение всего времени t включения — это время кратно периоду T_x входного сигнала — пропустит к декадному счетчику сигнал с частотой $f_{обр}/n$.

При измерении временного интервала используются два входных канала (рис. 3) для сигналов, один из которых запускает измеритель, а другой останавливает. Можно подавать на оба входа один сигнал, а усилители-формирователи отрегулировать таким образом, что один будет включать коммутатор фронтом входного импульса, а другой выключать его спадом импульса. Таким образом можно измерить длительность одного импульса. Временно́й единицей является период $T = nT_{обр} = n/f_{обр}$ сигнала образцового генератора.

Устройство управления универсальным счетчиком, обеспечивающее правильное чередование отдельных этапов цикла измерения (собственно измерение, отображение результатов и подготовка к последующему измерению) состоит из нескольких узлов (рис. 4). Если прибором измеряется, например, частота, то преобразованный во входных цепях сигнал f_x поступает на вход элемента совпадения MC_{46} (временного селектора). В течение времени измерения, когда ко второму входу этого элемента приложено напряжение логической 1, входные импульсы f_x проходят на декадный счетчик. Время измерения, т. е. отрезок

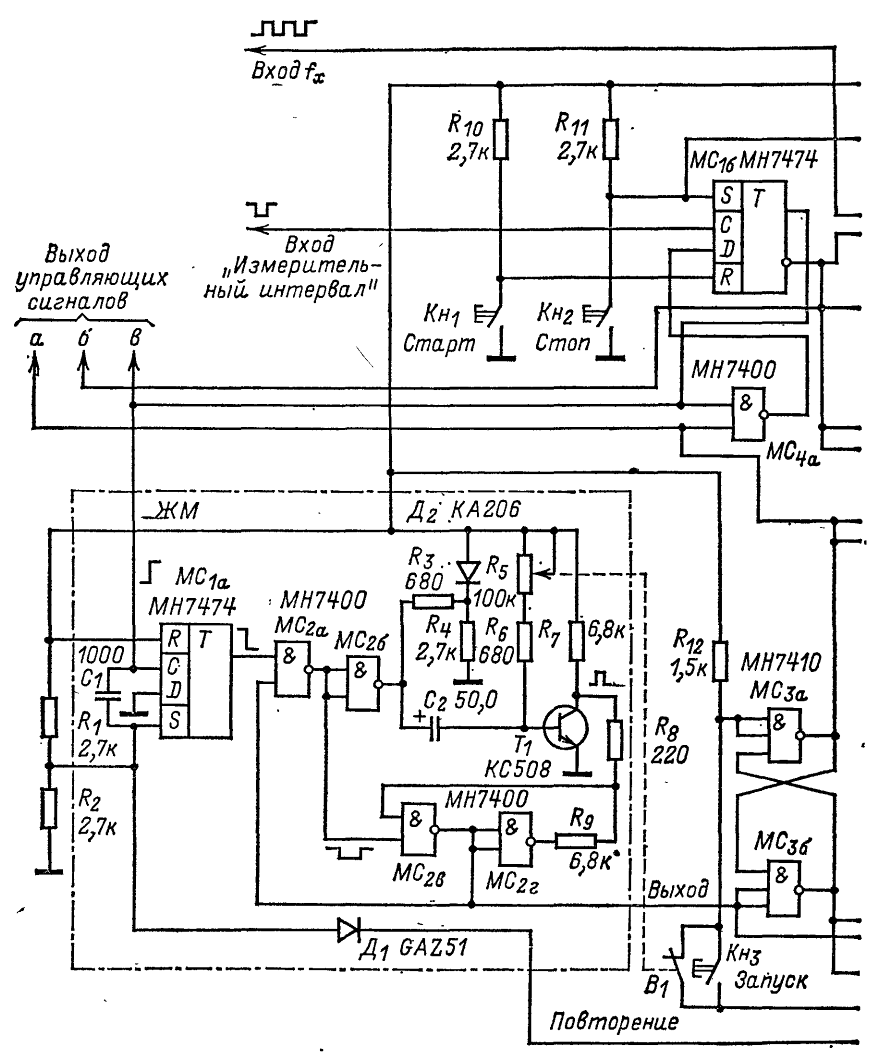
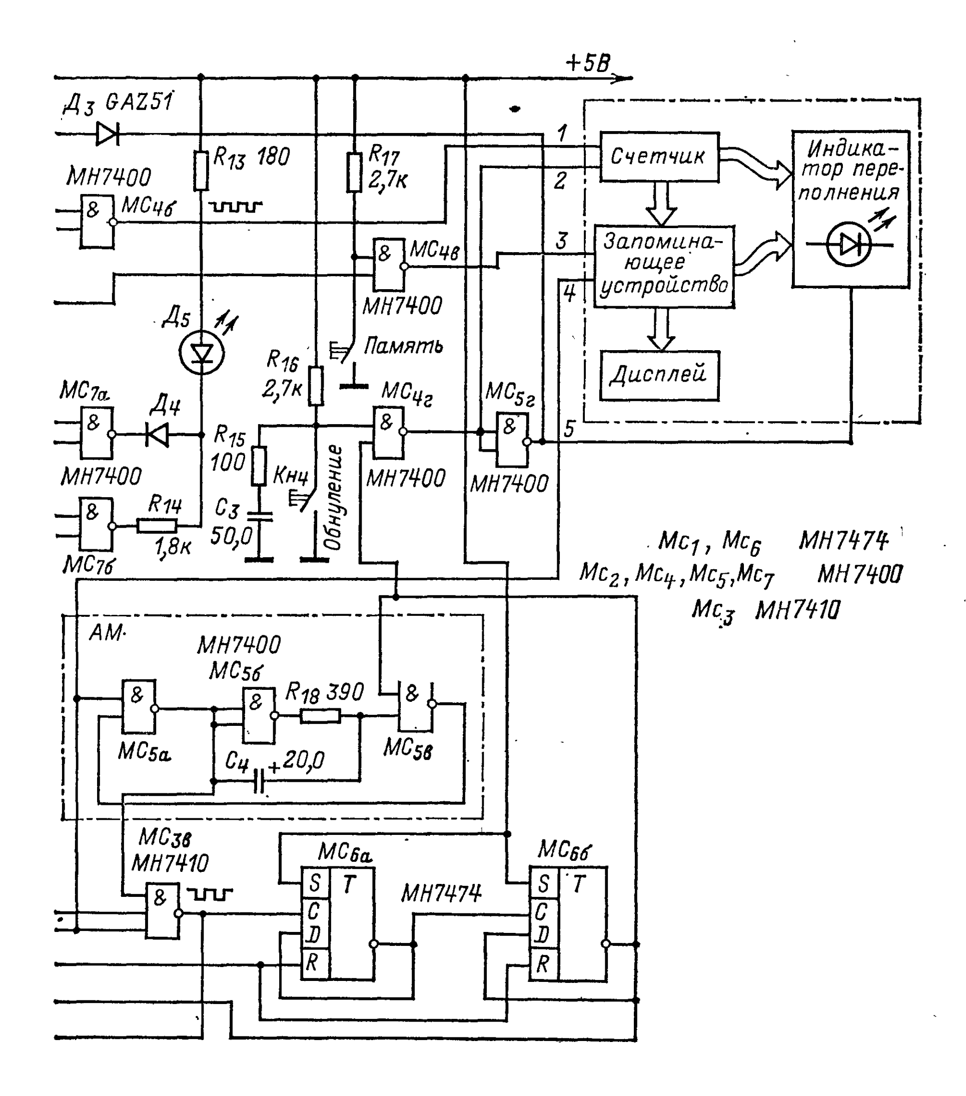


Рис. 4. Функциональная схема устройства управления прибора.

времени, в течение которого открыт элемент $МС_{4б}$, определяется периодом сигнала на входе C D-триггера $МС_{1б}$.

Работу устройства проследим от начала фазы собственно измерения. На прямом выходе триггера $МС_{1б}$ уровень 0. Поэтому и на верхнем по схеме входе элемента совпадения $МС_{4а}$ также будет низкий уровень, а на входе D-триггера $МС_{1б}$ — уровень 1. На вход C триггера подают импульсы, которые определяют начало и конец временно́го интервала, в котором измеряется частота. Конец фазы собственно измерения совпадает с положительным пе-



репадом напряжения на входе *С* триггера. При этом триггер $МС_{1б}$ переключится и элемент $МС_{4б}$ закроется, а на входе ждущего мультивибратора *ЖМ* уровень 0 сменится на 1.

Это приведет к срабатыванию ждущего мультивибратора и появлению на его выходе (на входе элемента $МС_{3б}$) низкого уровня. Через некоторое время, зависящее от постоянной *RC* мультивибратора, он вернется в исходное состояние. Длительность импульса мультивибратора определяет продолжительность промежутка между двумя фазами измерения. После каждой фазы измерения на дисплее

отображается новая информация. Длительность импульса можно установить в пределах от долей секунды до нескольких десятков секунд.

RS-триггер, образованный элементами $MC_{3а}$, $MC_{3б}$, в течение измерительного интервала находится в состоянии, когда на выходе элемента $MC_{3а}$ уровень 1, на выходе элемента $MC_{3б}$ – уровень 0. Поэтому *D*-триггеры $MC_{6а}$ и $MC_{6б}$ блокированы в нулевом состоянии (на прямых выходах – уровень 0) и трехвходовый элемент $MC_{3в}$ закрыт.

Срабатывание ждущего мультивибратора вызовет переключение *RS*-триггера, появление на среднем входе элемента $MC_{3в}$ уровня 1 и снятие блокирования с *D*-триггеров. Элемент $MC_{3в}$ остается закрытым.

Обратное переключение ждущего мультивибратора приведет к появлению на нижнем входе элемента $MC_{3в}$ уровня 1. Управляемый автоколебательный мультивибратор *AM* запускается, и его импульсы проходят через элемент $MC_{3а}$ на вход триггера $MC_{6а}$. Первый же положительный перепад на входе *C* этого триггера переключит его, и на инверсном выходе появится уровень 0. Следующий импульс переключит триггер $MC_{6а}$ снова в нулевое состояние, одновременно с этим триггер $MC_{6б}$ перейдет в состояние 1. На его инверсном выходе уровень 1 сменится на 0, что вызовет переключение *RS*-триггера, закрывание элемента $MC_{3в}$ и блокирование мультивибратора *AM* (по верхнему входу элемента $MC_{5в}$). Одновременно элемент $MC_{4г}$ сформирует сигнал с уровнем 1, обнуляющий декадный счетчик, а сигнал с уровнем 0 с выхода инвертора $MC_{5г}$ установит триггер $MC_{1б}$ в единичное состояние, подготавливая его к следующей фазе измерения.

Выходной сигнал ждущего мультивибратора управляет также запоминающим устройством, которое сохраняет состояние счетчика (отсчитанное значение) от предыдущего измерения.

Верхний вход элемента $MC_{4г}$ через резистор R_{16} постоянно подключен к плюсовому выводу источника питания. Нажатием на кнопку $Кн_4$ уровень на этом входе можно уменьшить до 0, приостанавливая этим процесс измерения. Одновременно обнуляются декады счетчика, а после обратного переключения ждущего мультивибратора все устройство будет готово к очередному циклу измерения. Устройство составлено таким образом, чтобы им можно было управлять только кнопками. При нажатии на кнопки $Кн_1$ или $Кн_2$ независимо от состояния элементов устройства управления триггер $MC_{1б}$ переключится в нулевое или единичное состояние соответственно, и откроется (или, наоборот, закроется) элемент совпадения $MC_{4б}$. Управление этими кнопками производят в режиме работы устройства в качестве счетчика, при ручной установке измерительного временного интервала.

Выходным сигналом инвертора $MC_{5г}$ управляется также и индикатор переполнения счетчика. Чтобы при нажатии на кнопку $Кн_2$ не перегружался выход инвертора и не происходило обратного управления индикатором переполнения, введен развязывающий диод $Д_3$ (германиевый диод с возможно меньшим прямым падением напряжения) для того, чтобы напряжение на *S*-входе триггера $MC_{1б}$ при уровне 0 было не более 0,8 В. Пока контакты выключателя $В_1$ замкнуты, циклы измерения и индикации периодически повторяются.

Индикатор представляет собой простое устройство на двух инверторах $MC_{7а}$, $MC_{7б}$ и светодиоде $Д_5$.

Собственно ждущий мультивибратор состоит из четырех элементов $MC_{2а}-MC_{2г}$ и узла на транзисторе T_1. При проявлении уровня 0 на входе элемента $MC_{2а}$ на выходе элемента $MC_{2б}$ будет также низкий уровень. Открытый транзистор T_1 закроется, и напряжение на его коллекторе увеличится до уровня 1. Конденсатор C_2 будет медленно разряжаться через резисторы R_5 и R_6. Длительность разрядки зависит в основном от сопротивления переменного резистора R_5 и находится в пределах 0,3–6 с. В конце этого интервала напряжение на коллекторе транзистора T_1 постепенно уменьшается до момента срабатывания триггера Шмитта, собранного на элементах $MC_{2в}$, $MC_{2г}$. Этот триггер необходим для того, чтобы выходной импульс ждущего мультивибратора имел крутые фронт и спад.

Переменный резистор R_5 должен быть группы А (с выключателем B_1). Он включен таким образом, что в положении, когда контакты выключателя разомкнуты, введенное сопротивление минимально. Длительность импульса ждущего мультивибратора в этом случае весьма мала (десятые доли секунды). Если разомкнуть контакты выключателя B_1, устройство управления останется в состоянии, соответствующем последнему столбцу таблицы. При последующем кратковременном нажатии на кнопку $Кн_3$ устройство перейдет в режим, указанный в таблице в столбце «После второго импульса», и может снова начать фазу собственно измерения. Таким образом, можно вручную управлять отдельными фазами измерения.

Для того чтобы обеспечить достаточное время между обратным переключением ждущего мультивибратора и окончанием подготовки к следующему измерению (блокировкой триггеров микросхемы MC_6), перед ждущим мультивибратором включен D-триггер $MC_{1а}$, который в процессе собственно измерения находится в единичном состоянии. Окончание фазы собственно измерения вызывает изменение уровня на его входе с 0 на 1, а на выходе – с 1 на 0. Как только откроется элемент $MC_{3в}$, первый же прошедший через него импульс снова переключит триггер $MC_{1а}$ и конденсатор C_2 сможет зарядиться.

Для повышения помехоустойчивости ждущего мультивибратора к входу триггера $MC_{1а}$ подключена цепь $C_1R_1R_2$, обеспечивающая напряжение 2,5 В на входе S при уровне 1. В начале каждой фазы собственно измерения, когда уровень на входе C триггера изменяется с 1 на 0, на вход S проходит отрицательный импульс, «подстраховывающий» установку триггера в случае сбоя в работе устройства (диод $Д_1$ препятствует прохождению этого импульса на вход триггера $MC_{6а}$).

Длительность периода автоколебательного мультивибратора AM выбрана равной сотым долям секунды, это обеспечивает достаточное время для подготовки ждущего мультивибратора. Автоколебательный мультивибратор должен начать работать сразу после обратного переключения ждущего мультивибратора, а после прохождения через элемент $MC_{3в}$ второго импульса (т. е. после переключения триггера $MC_{6б}$) должен выключиться. В противном случае при ручном включении измерения, когда разомкнуты контакты B_1, триггеры $MC_{6а}$ и $MC_{6б}$ беспрерывно бы переключались. При разомкнутых контактах выключателя B_2 в процессе собственно измерения на выходе элемента $MC_{4в}$ будет постоянно уровень 0, а при замкнутых – 1.

Схема устройства памяти, декадного счетчика и шестизначного дисплея показана на рис. 5. Шесть четырехбитовых преобразователей

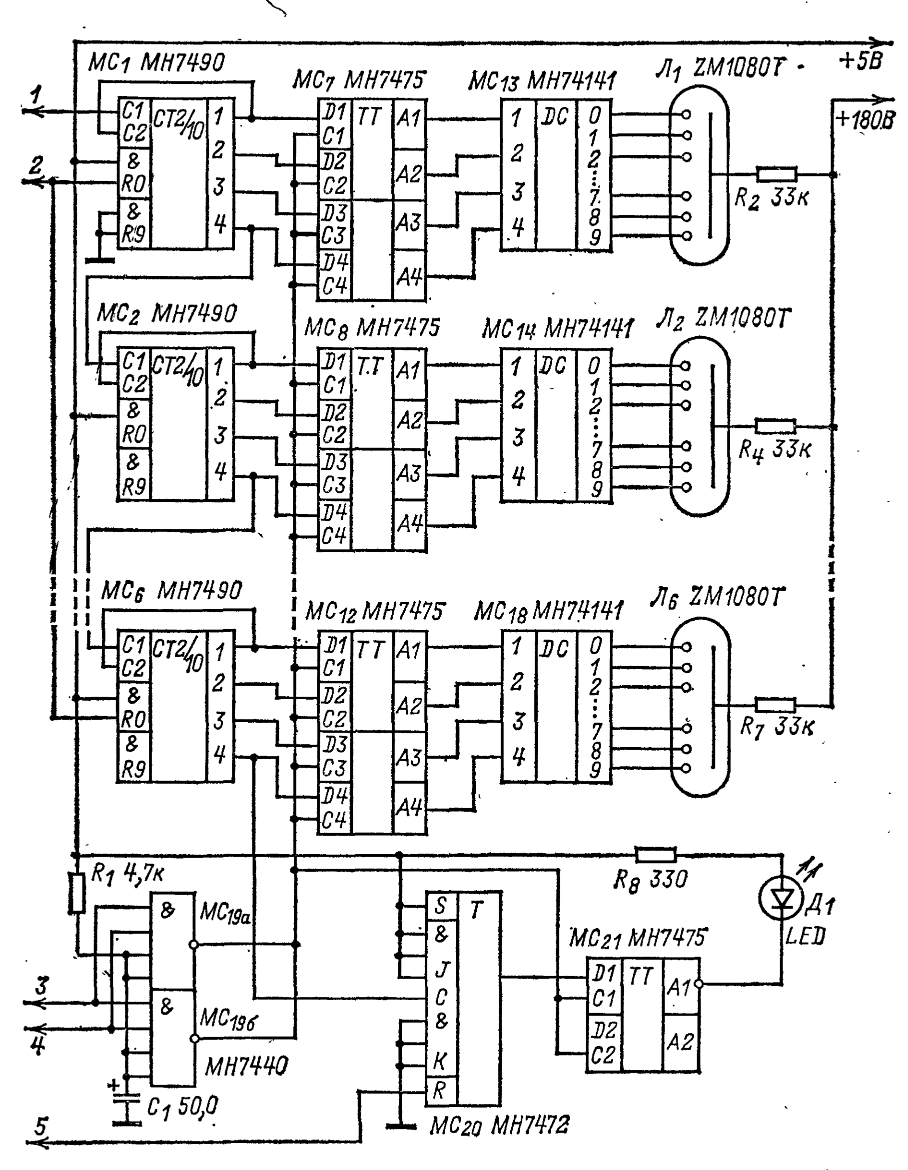


Рис. 5. Схема блока декадного счетчика, запоминающего устройства, дисплея с дешифратором и индикатором переполнения счетчика.

$MC_7 - MC_{12}$ управляются выходными сигналами двух четырехвходовых элементов совпадения $MC_{19а}$, $MC_{19б}$. После срабатывания ждущего мультивибратора в устройстве управления на входе *4* (рис. 5) появится уровень 0, а значит, на всех входах *C* преобразователей – уровень 1. На выходах преобразователей будут уровни, соответствующие уровням на *D*-входах. После обратного переключения ждущего мультивибратора выходные уровни уже не «копируют» входные, но запоминают состояния *C*-входов, бывшие перед сменой уровня с 1 на 0. Таким образом сохраняется состояние декадных счетчиков $MC_1 - MC_6$ и после их блокировки, или во время последующего собственно измерения. Дешифраторы $MC_{13} - MC_{18}$ – это заложенное в память состояние, выраженное в коде BCD 8421, преобразуют в десятичный код и управляют работой цифровых индикаторов $Л_1 - Л_6$.

Если контакты переключателя B_2 *Память* (см. рис. 4) замкнуты, то на дисплее отображается конечное состояние декадных счетчиков вплоть до окончания последующего измерения. При размыкании контактов преобразователи воспринимают состояние счетчика не только при переключениях ждущего мультивибратора, но и в течение всего временного интервала. Таким образом, в процессе собственно измерения можно наблюдать, как изменяется состояние декадного счетчика со скоростью, пропорциональной мгновенной частоте импульсов, поступающих на его вход. Такой режим удобен, например, при измерении временного интервала.

Цепь C_3R_{15} (см. рис. 4) и конденсатор C_1 (см. рис. 5) включены для того, чтобы после включения прибора на соответствующих входах элементов в течение некоторого отрезка времени, пока заряжаются конденсаторы до напряжения 1,5 В, был уровень 0. Этим фиксируется состояние декад счетчика, а преобразователи запоминают уровни 0, и на дисплее появятся нули. Выходной сигнал счетчика несимметричен и имеет скважность 4.

Схема и принцип действия декадного счетчика с памятью, дешифратором и дисплеем уже многократно были освещены в литературе, поэтому здесь их описание сокращено.

Счетчик дополнен индикатором переполнения, т. е. такого состояния, когда декады шестизначного счетчика перешли хоть один раз через показание 999 999 в 000 000 и продолжают считать дальше. Если замкнуты контакты переключателя B_2, индикатор – светодиод $Д_1$ (см. рис. 5) – зажжется в момент, когда цифры на дисплее изменятся с 9 на 0, и будет гореть до начала очередной фазы измерения. Если контакты B_2 разомкнуты, светодиод зажжется в момент появления новых данных (разумеется, в случае, когда в процессе собственно измерения декадный счетчик заполнен).

При изменении состояния декадного счетчика с 999 999 на 000 000 на его выходе уровень 1 сменится на 0, что вызовет переключение *JK*-триггера MC_{20} и появление на его прямом выходе уровня 1. Если теперь уровень 1 будет и на объединенном выходе элементов $MC_{19а}$, $MC_{19б}$, уровень входа D_1 триггера MC_{21} появится на его прямом выходе, на инверсном же выходе будет низкий уровень и светодиод зажжется. При остановке декадных счетчиков уровни на выходах триггера MC_{21} не изменяются.

Приведенное выше описание работы счетчика касалось только измерения частоты. Чтобы использовать его для измерения и других величин, устройство необходимо дополнить коммутатором видов

измерений, схема которого изображена на рис. 6. Вид измерения выбирают переключателем B_1, который коммутирует входные сигналы (измеряемый сигнал, внутренний и внешний сравниваемые сигналы), подводимые к выходам. На том же рисунке изображена структурная схема соединения входных узлов прибора. При измерении частоты сигнал с выхода делителя *I* является сигналом f_x. С выхода делителя *II* снимается сигнал образцовой частоты, период которого определяет длительность измерительного интервала.

При измерении периода входного сигнала, снимаемого с выхода делителя *I*, в течение этого периода идет счет импульсов образцовой частоты, поступающих с выхода делителя *II*.

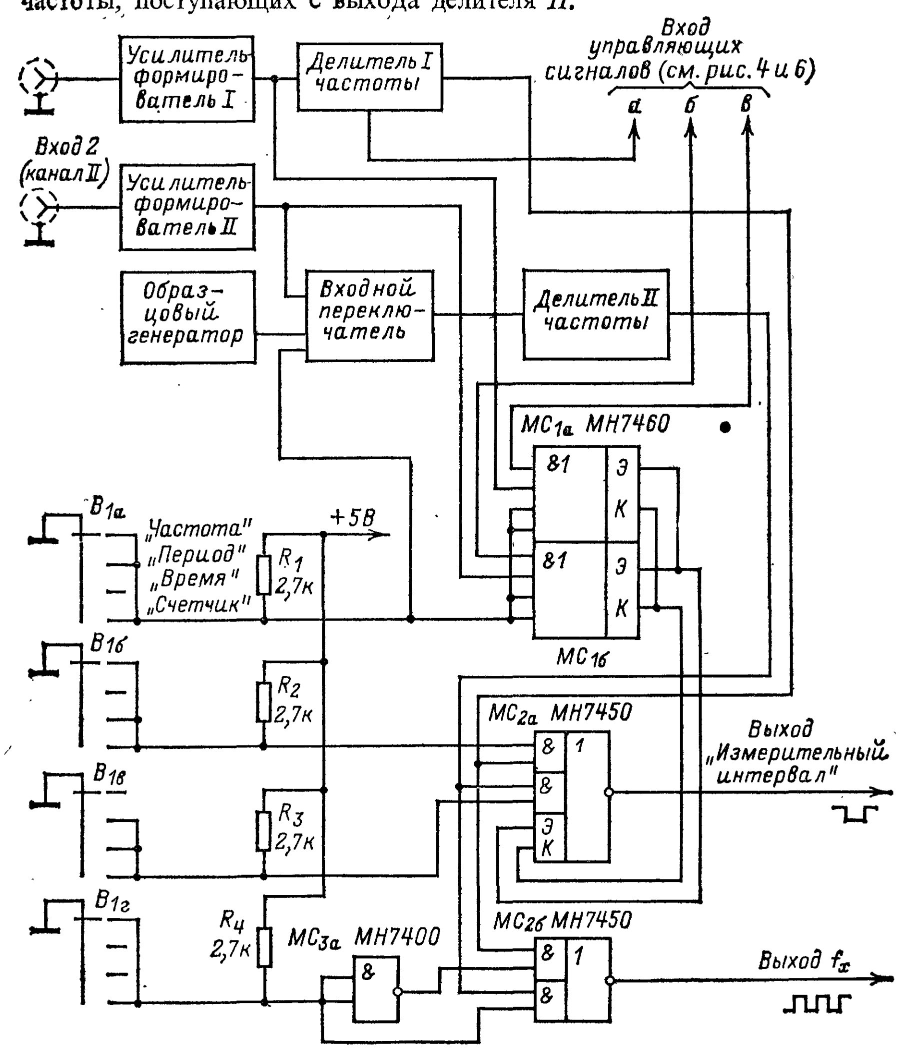


Рис. 6. Схема входных узлов и коммутатора видов измерений.

В положении *Время* переключателя B_1 измеряют временной интервал. Сигнал образцовой частоты, как обычно, снимают с выхода делителя *II*. На выход *Измерительный интервал* теперь приходят сигналы попеременно с выходов усилителей-формирователей *I* и *II*. Сигнал с выхода усилителя-формирователя *I* начнет измерительный интервал, а сигнал с выхода усилителя-формирователя *II* его закончит.

При работе прибора в качестве счетчика начало временного интервала, в течение которого идет счет импульсов входного сигнала, определяется нажатием на кнопку *Старт*, а его конец – нажатием на кнопку *Стоп*. В этом режиме сигнал с выхода делителя *I* проходит на выход f_x. Выход счетчика *II* заблокирован. На втором выходе *Измерительный интервал* будет постоянно уровень 1.

При всех одноканальных измерениях для обработки измеряемого сигнала всегда используется первый канал. Выход усилителя-формирователя *II* подключен к входному переключателю, который подводит к входу делителя *II* либо сигнал с усилителя-формирователя *II*, либо сигнал источника образцовой частоты (кварцевого генератора, работающего на частоте 1 МГц).

Схема декадного делителя *I* частоты изображена на рис. 7. Делитель собран на трех декадных счетчиках $MC_1 - MC_3$, работающих в коде BCD 8421. Все три счетчика вначале устанавливаются в состояние, соответствующее числу 9, импульсом низкого уровня, подаваемым на делитель с устройства управления. Эта автоматическая установка удобна, например, при измерении величин, кратных периоду входного сигнала, когда временной измерительный интервал относительно велик (десятки и более секунд). Без такой установки нужно было бы ждать начала последующей фазы собственно измерения в течение отрезка времени, равного длительности собственно измерения.

Лучше всего это показать на следующем примере. При измерении, например, длительности периода частоты сети с максимально возможной точностью нужно считать импульсы внутреннего или внешнего генератора образцовой частоты за время тысячи периодов частоты сети, т. е. около 20 с. Если при этом ждущий мультивибратор установлен так, что последующее собственно измерение может начаться, например, спустя 1 с после окончания предыдущего измерения [через 1 с разблокируется триггер MC_{16}, (см. на рис. 4), а светодиод индикации фазы измерительного цикла слабо засветится], собственно измерение начнется лишь через последующие 19 с. При автоматической же установке делителя по окончании подготовки собственно измерения уже первый импульс со входа может перевести его в состояние 000.

Необходимый коэффициент деления частоты выбирают переключателем B_1. Переключатель вводит в действие тот или иной элемент совпадения микросхемы MC_4 с открытым коллектором; эти элементы собственно и коммутируют сигнал. Такая схема переключателя допускает большое удаление самого переключателя B_1 от элементов делителя.

На рис. 8 показана схема делителя *II* частоты, кварцевого образцового генератора и входного переключателя. Делитель *II* составлен из семи декадных счетчиков, включенных как симметричные неуправляемые делители на десять. С выхода делителя снимается сигнал симметричной формы. Требуемый коэффициент деления устанавливают переключателем B_1. Входной коммутатор собран на элементах $MC_{10б}$, $MC_{11а}$. От положения переключателя B_2 зависит, какой сигнал поступит

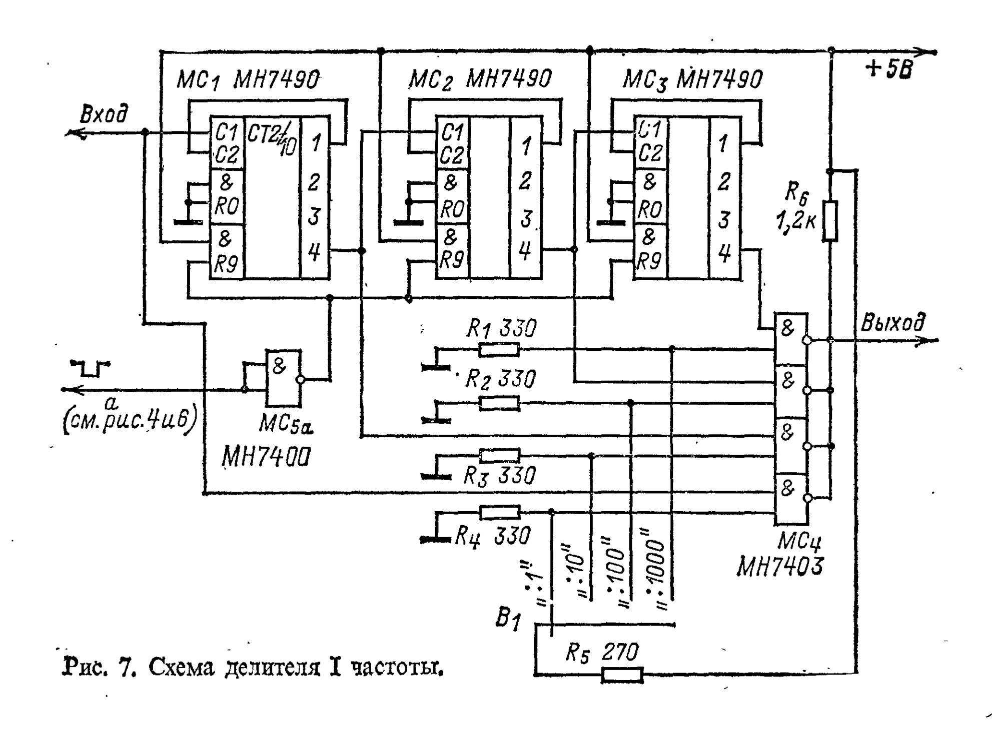


Рис. 7. Схема делителя I частоты.

на вход делителя: внутренний — с кварцевого генератора или внешний — с выхода усилителя-формирователя *II*. Когда контакты B_2 разомкнуты, на верхнем по схеме входе элемента $MC_{11а}$ будет уровень 1, и через элемент пройдут импульсы с кварцевого генератора (при этом на третьем сверху входе будет уровень 0, поэтому внешний сигнал через элемент не пройдет). Когда же контакты B_2 замкнуты, режим работы входного коммутатора будет зависеть от выбора вида измерения.

В положении *3 Время* переключателя B_1 (см. рис. 6) независимо от положения контактов переключателя B_2 (рис. 8) к входу делителя всегда подключен выход кварцевого генератора. В остальных положениях переключателя выбора вида измерения с помощью переключателя B_2 можно подводить к входу делителя либо сигнал от внутреннего образцового генератора, либо внешний сигнал.

К выходу делителя *II* через разделительный инвертор $MC_{10в}$ подключен разъем $f_{обр}$, расположенный на передней панели прибора. С этого разъема можно снимать сигнал основной образцовой частоты, ее долей или долей частоты с другого канала.

Образцовый генератор прибора собран на микросборке транзисторов MC_{12} и кварцевом резонаторе $Кв_1$ на частоту 1 МГц. Генератор по схеме Клаппа собран на транзисторе T_1 микросхемы. Остальные два транзистора и элемент $MC_{10а}$ только формируют прямоугольный сигнал. Стабильность частоты генератора зависит прежде всего от качества кварца. Следует выбирать кварц с малым температурным коэффициентом и хорошей долговременной стабильностью частоты. Собственная

частота кварца должна быть несколько ниже номинальной, чтобы можно было точно установить частоту генератора подстроечными элементами (C_2 – грубо и C_1 – точно). Подборкой конденсаторов C_3 и C_4 устанавливают оптимальную положительную обратную связь с тем, чтобы устранить искажения генерируемого сигнала. Если в генераторе будет использован кварцевый резонатор на 100 кГц, емкость конденсаторов C_3 и C_4 должна быть больше примерно в 10 раз. Генератор нужно питать хорошо отфильтрованным напряжением.

Для обеспечения универсальности прибора необходимо, чтобы он был способен обработать сигналы самых различных уровней при разных выходных сопротивлениях источников. Эти функции возложены на входные усилители-формирователи. Оба они совершенно одинаковы (см. схему на рис. 9).

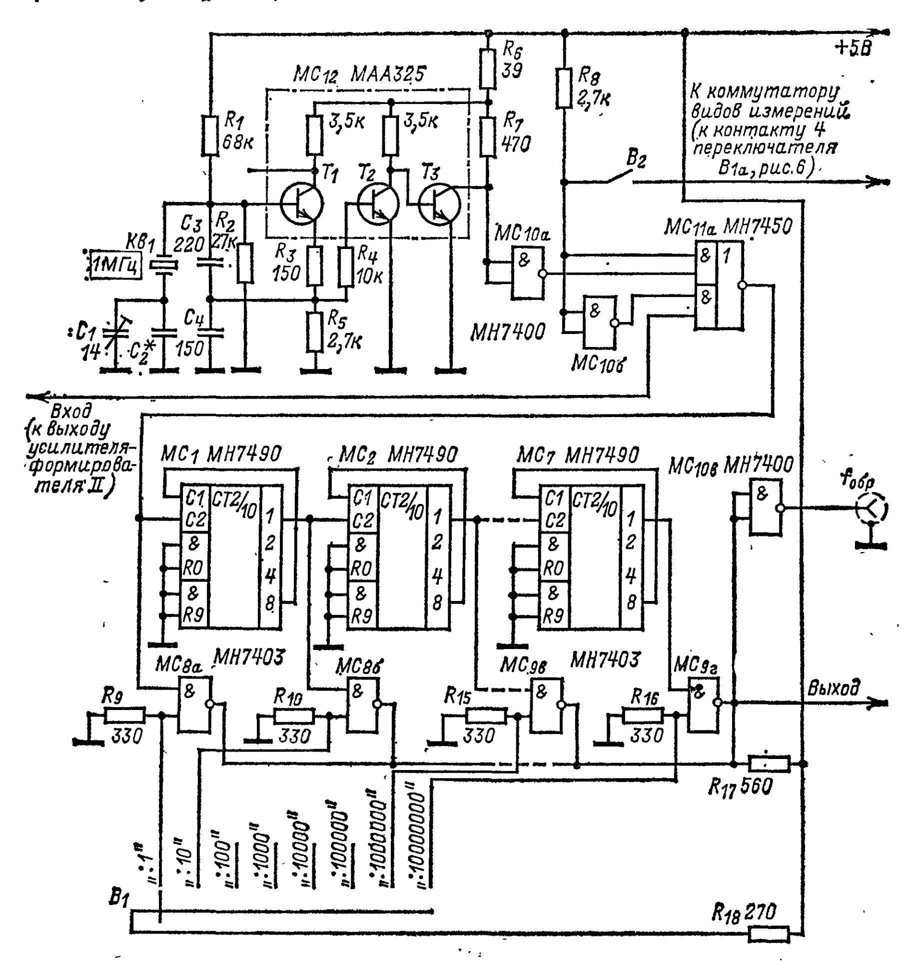


Рис. 8. Схема кварцевого генератора входного переключателя и делителя II частоты.

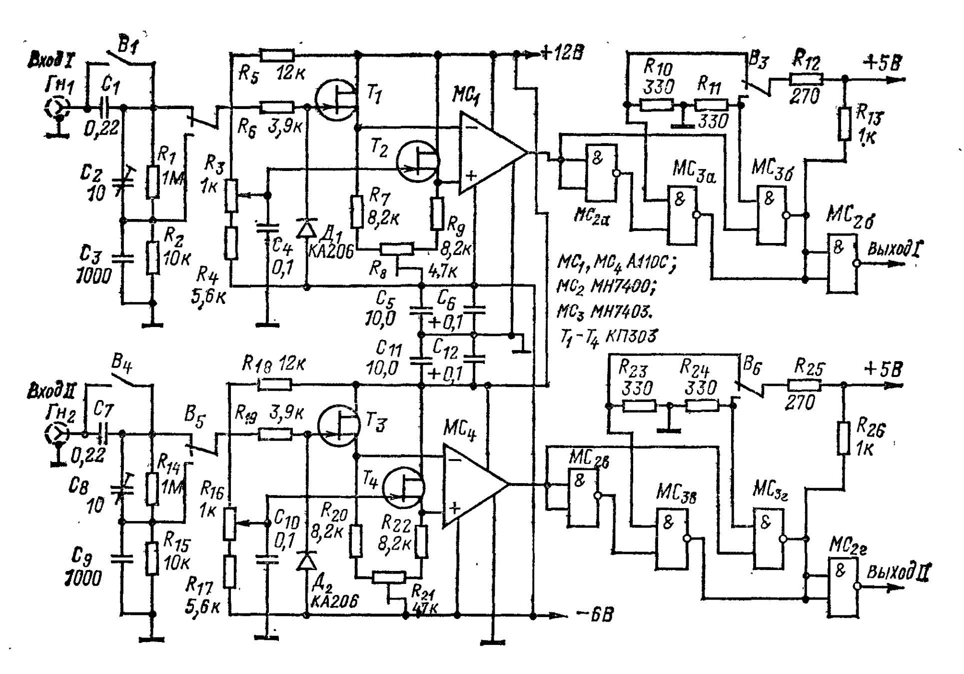


Рис. 9. Схема усилителей-формирователей.

Основным элементом усилителя является дифференциальный компаратор $МС_1$, на входе которого включены две переходные ступени на полевых транзисторах T_1 и T_2. Их задача – сохранить высокое сопротивление всего прибора в целом, поскольку использованный компаратор имеет низкоомные входы. Частью сопротивления нагрузки входных транзисторов служит подстроечный резистор R_8, которым выравнивают токи транзисторов. Затвор транзистора T_1 (его истоковый переход защищен от пробоя диодом $Д_1$) подключен через защитный токоограничительный резистор R_6 к частотно-компенсированному входному делителю, имеющему два положения переключателя B_2. В верхнем по схеме положении его контактов сигнал проходит от входного разъема $Гн_1$ к усилителю практически без ослабления, а в нижнем сигнал ослабляется примерно в 100 раз. Это необходимо при работе с сигналами, имеющими амплитуду, большую 1 В. Конденсатор C_1 коммутируется выключателем B_1. При замыкании его контактов прибор может обрабатывать сигналы постоянного напряжения.

К затвору транзистора T_2 с движка переменного резистора R_3 подводится регулируемое постоянное напряжение. Таким образом можно изменять пусковой уровень входного сигнала в интервале $\pm$ 0,5 В, что в некоторых случаях способствует ослаблению влияния помех на правильность показаний счетчика.

С выхода компаратора сигнал поступает на вход устройства, позволяющего выбрать начальную полярность импульса сигнала. Это особенно удобно при двухканальных измерениях временных интервалов.

Устройство образовано двумя двухвходовыми элементами совпадения $MC_{3а}$ и $MC_{3б}$ с открытым коллектором, имеющими общий нагрузочный резистор R_{13}. Переключателем B_3 можно ввести в действие любой из этих элементов (подать на их управляющий вход уровень 1). Другие входы подключены к выходу компаратора, но один из них — через инвертор $MC_{2а}$.

Питание всех цепей универсального счетчика обеспечивается одним блоком питания, схема которого изображена на рис. 10. Блок состоит из четырех источников, объединенных общим проводом. Три из них — стабилизированные. Экспериментально установлено, что степень стабилизации напряжения питания входных усилителей может быть такой же, как и для питания цифровых микросхем, т. е. нестабильность должна быть не хуже $\pm 5\%$. Все три стабилизированных источника защищены от перегрузок электронными предохранителями. Эти источники аналогичны по схемному решению и отличаются только номиналами деталей и выходными напряжениями.

Учитывая большой ток, потребляемый от пятивольтового источника, переменное напряжение с обмотки *III* необходимо выпрямлять двухполупериодным выпрямителем. Принцип работы стабилизатора подробно описан в литературе, поэтому следует напомнить только о необходимости точной подгонки резисторов в эмиттерных цепях транзисторов T_1, T_3 и T_5 таким образом, чтобы ограничение тока нагрузки наступало при значениях на треть больших, чем номинальные. Сопротивления резисторов, указанные на схеме, соответствуют коэффициенту передачи тока регулирующих транзисторов, примерно равному 75.

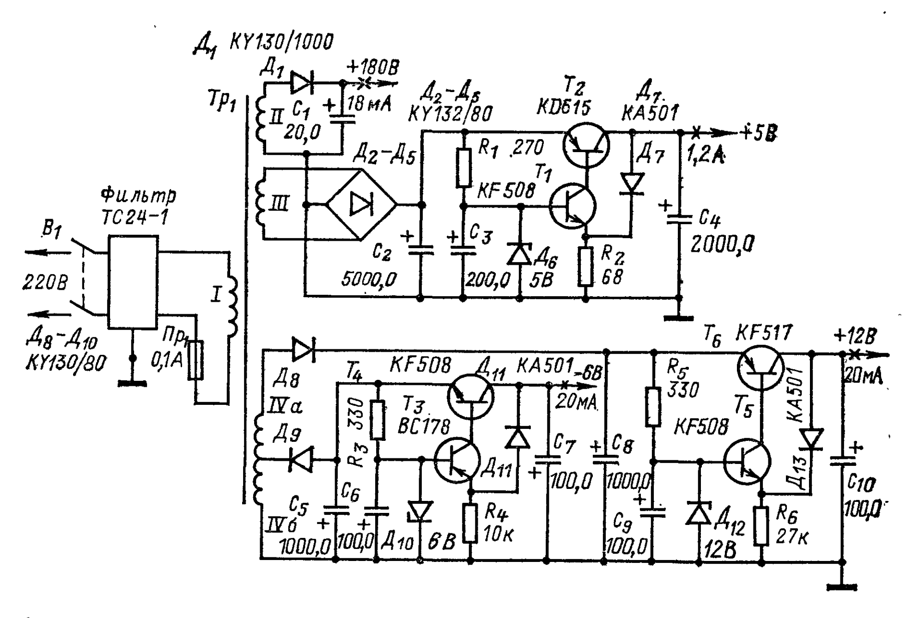


Рис. 10. Схема блока питания.

Сетевой трансформатор выполнен на магнитопроводе сечением 20 × 25 мм и имеет первичную обмотку, состоящую из 2100 витков провода ПЭВ-2 0,18. Обмотка *II* содержит 2000 витков провода ПЭВ-2 0,12, *III* – 72 витка провода ПЭВ-2 0,8, *IV* – 2 × 75 витков провода ПЭВ-2 0,12. При намотке трансформатора следует обратить особое внимание на обеспечение хорошей изоляции между первичной обмоткой и остальными его элементами.

Блок питания целесообразно дополнить сетевым фильтром, защищающим прибор от проникновения помех из сети.

При конструировании прибора авторы сочли наиболее целесообразным применить универсальную печатную плату для всех логических микросхем. На этой же плате можно разместить и другие детали. В одном из вариантов конструкции были использованы и две печатные платы: меньшая предназначалась для цепей декадного счетчика, устройства памяти, дешифратора и дисплея, большая – универсальная плата размерами примерно 220 × 170 мм – для размещения 45 цифровых микросхем. На большей плате были расположены кроме элементов блоков питания и входных усилителей все остальные узлы, а также дополнительные устройства для расширения частотного диапазона прибора и т. п.

Налаживание прибора не требует особой методики и специализированных приборов. Достаточно обычного вольтметра, логического пробника и осциллоскопа, а в отдельных случаях – генератора сигналов. Тем не менее изготовление и налаживание этого прибора оказываются весьма сложными для малоопытных радиолюбителей, которые только начинают знакомиться с цифровой техникой. Налаживать прибор следует поблочно в следующей последовательности: блок питания, кварцевый генератор, входные усилители-формирователи, делители частоты, счетчик, запоминающее устройство, дешифратор с дисплеем, индикатор переполнения, ждущий мультивибратор, автоколебательный мультивибратор, коммутатор вида измерения, устройство управления.

Большинство этих узлов требует для налаживания источника входных логических уровней. Соответствующие входы отпаивают от остальных цепей и подают на них необходимый уровень. При неудачном размещении микросхем на печатной плате, длинных соединительных проводах может понизиться верхняя граница рабочей полосы частот входного сигнала, однако это снижение будет незначительным.

Описанный универсальный счетчик размещают в кожухе размерами 390 × 280 × 70 мм. В нем остается достаточно места для монтажа различных устройств, расширяющих возможности счетчика. Очень важно тщательное «заземление» как отдельных узлов, так и всего прибора. Цепи питания цифровых микросхем следует прокладывать проводом достаточно большого сечения. Кроме того, необходимо установить достаточное число блокировочных конденсаторов (емкостью от 0,01 до 0,1 мкФ, они на схемах не указаны).

УДК 681.337.2:621.385.832.

ДИСПЛЕЙ НА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКЕ

Я. ХИАН (ЧССР)

Описанное ниже несложное отображающее устройство (дисплей), построенное на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ), позволяет индицировать восьмиразрядное число с точкой, обозначающей дробь. Путем некоторого усложнения число индицируемых разрядов может быть доведено до шестнадцати. Возможно также отображение нескольких многозначных чисел.

Устройство для индикации одного числа может быть очень простым, если роль отображающей панели играет готовый осциллоскоп. Сигналы подводят к входам X, Y и Z (к сетке ЭЛТ) осциллоскопа. Питать устройство следует от этого же осциллоскопа.

Многоразрядный дисплей представляет собой универсальную независимую систему, которая может служить для индикации многозначных цифровых результатов, например для цифрового частотомера, измерителя емкости или температуры, для цифровых часов и т. п.

Прежде чем приступить к описанию дисплея, следует несколько слов сказать об индикации. Эксплуатация аппаратуры на полупроводниковых микросхемах, особенно цифровых, требует индикационных устройств, информирующих оператора об их работе. Такие устройства отображают или состояния на входах и выходах микросхем (состояние 1 либо 0), или передаваемую информацию. Таким образом, следует различать две группы индикационных устройств.

Устройства первой группы относятся к измерительным приборам – испытателям, индикаторам. Устройства второй группы называют дисплеями или отображающими панелями (циферблатами) для отображения цифровой информации или смешанной – цифро-буквенной.

Отображающая панель представляет собой, как правило, ряд цифровых индикаторов (неоновых, люминесцентных, светодиодных и др.). Применяются также панели, где цифры, образованные по стандартной системе из семи элементов, формируются на экране ЭЛТ.

Все дисплеи обычно требуют для нормальной работы применения соответствующих дешифраторов и возбудителей, а иногда и генераторов знаков. Только при полном составе блоков дисплея со всеми дополняющими узлами возникает работоспособная отображающая цифровая или цифро-буквенная панель.

Преимущество способа формирования знаков на экране ЭЛТ с помощью электронного луча обусловлено недоступностью для радиолюбителей целого ряда блоков (таких, как генераторы букв или цифр, некоторые дешифраторы и т. п.).

Знаки (цифры, надписи, разделяющие значки и т. п.) можно воспроизвести на экране ЭЛТ несколькими различными способами, например: одновременным отклонением луча в двух взаимно перпендикулярных (или почти перпендикулярных) направлениях с запрограммированным гашением луча – так называемый маскирующий способ; таким же способом, только без гашения луча, – способ сложения фигур Лиссажу; формированием точечной структуры знаков или рисунков и гашением точек в нужных местах – матричный метод (его

по аналогии с телевизионной разверткой иногда называют способом с управляемой строчной разверткой без чередования строк с векторной записью, перпендикулярной направлению строк).

Второй из приведенных способов является наиболее известным. Его реализовывали с помощью отдельных цифровых генераторов, каждый из которых вырабатывал отклоняющее напряжение всегда только для одной цифры. Каждая цифра образовывалась суммой сигналов синусоидальной формы, по-разному сформированной пассивными RC-звеньями.

Более интересным является устройство с одним цифровым генератором, который работает не методом сложения фигур Лиссажу, а с заранее запрограммированным отклонением в направлении обеих осей, а значит, в соответствии с первым из упомянутых выше

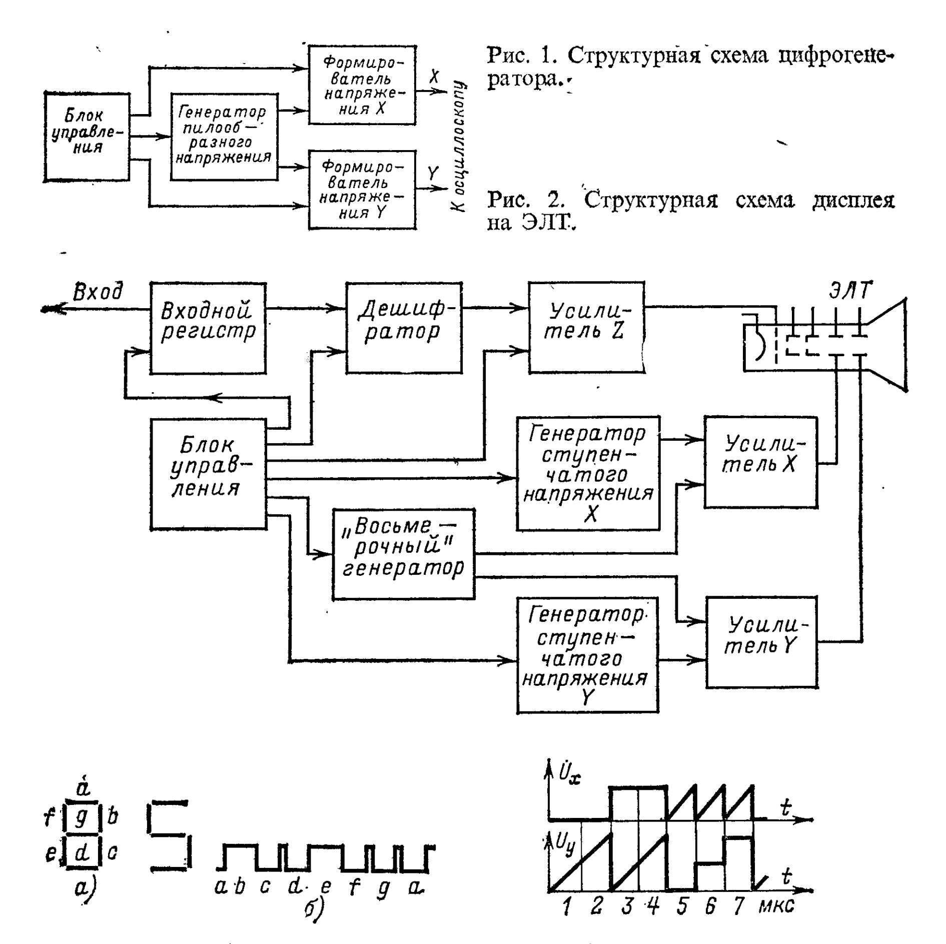


Рис. 1. Структурная схема цифрогенератора.

Рис. 2. Структурная схема дисплея на ЭЛТ.

Рис. 3. Формирование знаков из семи элементов.

Рис. 4. Форма отклоняющих напряжений.

способов — с одновременным гашением луча. Структурная схема цифрового генератора показана на рис. 1, структурная схема всего дисплея на ЭЛТ с одним генератором цифр — на рис. 2.

Генератор цифр формирует семиэлементную матрицу, представляющую собой основную цифру 8 (рис. 3, *а*). Путем гашения некоторых элементов можно из основной цифры 8 (отсюда название «восьмерочный» генератор) образовать все цифры от 0 до 9, а также и некоторые буквы (например, A, b, C, d, E, F, H, h, J, L, P, U). Например, цифру 5 получим путем гашения элементов *b* и *e* (рис. 3, *б*). В этом и состоит принцип декодирования: содержание входного дешифратора или памяти должно последовательно расшифровываться в соответствии с выбранной цифрой (или буквой) в требуемый код гашения.

Образование большего числа знаков достигается путем подведения напряжения ступенчатой формы к усилителю координаты *X*, причем время одной ступени соответствует времени изображения одного знака. Аналогично образование большего числа строк цифровой информации достигается подведением напряжения ступенчатой формы к усилителю *Y*, где время изображения одной ступени такое же, как и время изображения одной строки.

Форма напряжений на отклоняющих пластинах осциллоскопа для одного из возможных способов показана на рис. 4. Она складывается из пилообразной и ступенчатой форм, образуя сигнал основной семиэлементной цифры. При этом следует помнить, что оба отклоняющих напряжения действуют одновременно и электронный луч рисует отдельные элементы последовательно друг за другом. Если выбранная скорость луча достаточна и действие повторяется периодически, наблюдатель будет видеть генерируемый знак как одно целое, возникающее сразу и без мешающего мерцания.

Входная информация, которая должна быть отображена, как это видно из структурной схемы, хранится в соответствующем коде во входной памяти — сдвиговом регистре, как правило, в виде четырехбитового слова в коде BCD. Для каждой цифры регистра «восьмерочный» генератор формирует основную семиэлементную цифру, форма которой изменяется методом гашения. Это обеспечивает дешифратор, формирующий для каждой цифры, записанной во входном регистре, требуемую последовательность гасящих импульсов. Это значит, что в соответствии с содержанием регистра он формирует последовательность гашения для всех цифр от 0 до 9.

Сдвиг содержания регистра, так же как и работа блока управления, зависит от частоты импульсов, подводимых к этому блоку. Собственно дешифратор может быть собран на микросхемах или на дискретных полупроводниковых элементах. При использовании микросхемы SN 7447 весь блок управления значительно упростится, так как не нужно будет формировать вспомогательные сигналы и сигнал пилообразной формы. Если использовать способ, когда основная восьмерка образуется точечным способом, а в семиэлементную форму она превращается путем умышленной деформации характеристики интегрирующими цепочками, достаточно будет иметь отклоняющие напряжения только ступенчатой формы. Точечный способ формирования знака уже очень близок к последнему, третьему способу — матричному.

При матричном формировании знака используется точечная структура изображения на ЭЛТ, т. е. матрицы 5×7, 7×9 или

12 × 16 точек (для малых и больших букв алфавита) и т. п. Основой всей системы является разложение на строки и столбцы точек, размещенных весьма близко одна к другой. Различные знаки образуются посредством гашения соответствующих точек.

Матричный метод используется в основном для формирования цифро-буквенных знаков на ЭЛТ. Для их формирования, однако, уже недостаточно будет только кода BCD (не более 16 знаков), потребуются шестибитовые слова, позволяющие закодировать 64 знака, а возможно и семибитовые на 128 знаков уже в коде ASCII или EBCDIC. На рис. 5 приведены пример образования 64 знаков в коде ASCII и соответствующие им шестибитовые слова (бит 17, отмеченный крестиком, является избыточным; он принимается во внимание только для выражения 128 знаков).

В качестве генератора знаков удобно использовать постоянную (нестираемую) память ROM (read only memory)* со значительной емкостью ($64 \times 5 \times 7 = 2240$ бит, $64 \times 5 \times 8 = 2560$ бит и т. д.). Это, например, запоминающие устройства TMS2501 (Texas Instruments), MM5240 (National Semiconductor), MM6056, MM6061 (Monolithic Memories) и т. п. Выбор знака с генератора в эксплуатации требует динамического управления (multiplex), которое может быть вертикальным — по строкам или горизонтальным — по столбцам для каждого отдельного знака.

При использовании вертикального отклонения устройство управляется импульсами, образуемыми «восьмерочным» счетчиком, с выхода которого возбуждается дешифратор — переключатель строк матрицы и передается адрес строки матрицы на устройство ROM. Адресаты строк постепенно воспроизводят в памяти информационное содержание столбцов, принадлежащих только замкнутой строке матрицы. Выходной сигнал подводится к регистру с параллельными входами, с которого получают соответствующий сигнал для гашения отдельных точек. Отклоняющее напряжение получают при помощи инвертора со счетчика положений точек. В соответствии с числом знаков в строке и числом самих строк необходимо использовать такое же число выравнивающих ячеек памяти, с которых информация о каждой цифре (или букве) последовательно передается памяти ROM, работающей как генератор знаков.

Если на дисплее, использующем матричный способ, достаточно формирования только цифр, использовать цифро-буквенный генератор знаков не следует, так как он не был бы использован полностью. В этом случае достаточно будет памяти, индивидуально составленной из элементов совпадения и диодов. Заслуживает внимания тот факт, что сравнительно редкий растр 3×5 точек образует стилизованные цифры, достаточно хорошо читаемые (рис. 6).

Функциональная схема дисплея, работающего маскирующим методом (гашением), представлена на рис. 7. Цифры формируются последовательно одна за другой, причем каждая образована гашением ненужных элементов восьмерки, генерируемой в блоке развертки при помощи двух отклоняющих напряжений ступенчатой формы. Процесс формирования каждой из цифр от 0 до 9 всегда одинаков, а гасящие импульсы различны (рис. 8).

---

* Советским читателям это устройство известно под названием ПЗУ (постоянное запоминающее устройство).

Рис. 5. Образование знаков в коде ASCII.



Рис. 6. Цифры, образованные в растре 3×5.

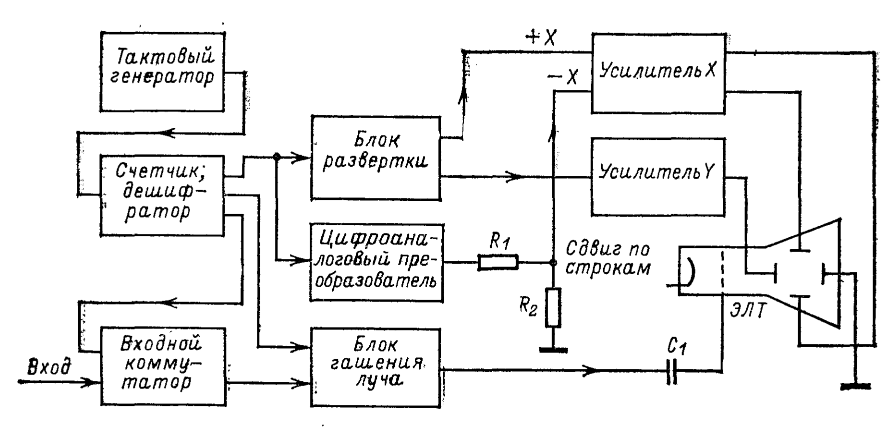


Рис. 7. Функциональная схема дисплея.

Генератор цифр включает в себя генератор тактовых импульсов, десятичный счетчик с дешифратором и инверторами, блоки развертки и гашения луча ЭЛТ. Цифры в строке (в направлении оси X) составляются генератором ступенчатого напряжения, формирующим только перепады напряжения в соответствии с требуемым числом знаков на дисплее. В данном случае этот генератор собран по схеме цифроаналогового преобразователя вместе с соответствующим делителем. Отображаемая информация поступает на входной коммутатор, который переключает отдельные тетрады в коде BCD на вход семиэлементного дешифратора в блоке гашения.

Результирующие напряжения U_x, U_y, U_{-x} усиливаются и подводятся к пластинам ЭЛТ (например, соответствующим образом переделанного осциллоскопа). Напряжение U_z модулирует яркость луча для гашения ненужных элементов, напряжение подводится через разделительный конденсатор к сетке ЭЛТ (или к ее катоду).

Когда десятичная точка не нужна, форма сигналов несколько упрощается (рис. 9).

Электрическая схема дисплея изображена на рис. 10. Работой всего дисплея управляет тактовый генератор импульсов, собранный на элементах $MC_{1а}$, $MC_{1б}$. Частота следования импульсов равна 15 кГц. Выходной сигнал генератора поступает на микросхему MC_2 — делитель частоты с коэффициентом деления 10. С выхода делителя сигнал в форме четырехбитовых слов поступает на блок развертки (к микросхеме MC_{17}). С выхода делителя частоты сигнал с частотой 1,5 кГц также поступает на вход цифроаналогового преобразователя на микросхеме MC_3. С выхода $-X$ снимается напряжение ступенчатой формы для сдвига по строке. Микросхема MC_3 включена как делитель частоты на восемь. Так же включена и микросхема MC_4, сигнал с выхода которой поступает на дешифратор на микросхеме MC_5. С дешифратора, работающего в коде «1 из 8», на инверторы MC_6 и MC_7 поступают единичные сигналы, которые последовательно открывают элементы совпадения (микросхемы MC_8 — MC_{15}) для приема цифровой информации.

Подводимая ко входам информация, прошедшая через инверторы микросхемы MC_{16}, передается на семерочный дешифратор MC_{26} блока гашения.

Дешифратор MC_{17} работает в коде «1 из 10». Его выходные сигналы уровня 0 поочередно закрывают транзисторы $T_1 - T_9$. В эмиттерные цепи этих транзисторов включены разделительные диоды $Д_1 - Д_{16}$ и цепочки из подстроечного и постоянного резисторов. Эти цепочки образуют два делителя напряжения. С делителей сигналы поступают на интегрирующие цепочки (одна для напряжения U_x, другая – для U_y; оба напряжения появляются одновременно). Образующиеся отклоняющие напряжения по форме соответствуют показанным на рис. 8.

Если десятичная точка не нужна, блок развертки можно упростить (рис. 11).

Отклоняющие напряжения должны иметь ступенчатую и ни в коем случае не пилообразную форму, для этого вводят предварительное искажение сигнала с помощью цепей задержки, состоящих из дросселя и конденсатора (L_1C_3, L_3C_4), что позволяет получить скорость изображения ступеньки на экране ЭЛТ почти постоянной. Это позволяет избежать «точечности» изображения знака.

Таким образом, сигналы X и Y уже несколько деформированы относительно прежней ступенчатой характеристики (на рис. 9 пунктирная кривая) и результирующий сигнал имеет такую форму, как если бы он был получен с помощью пилообразного напряжения, как было опи-

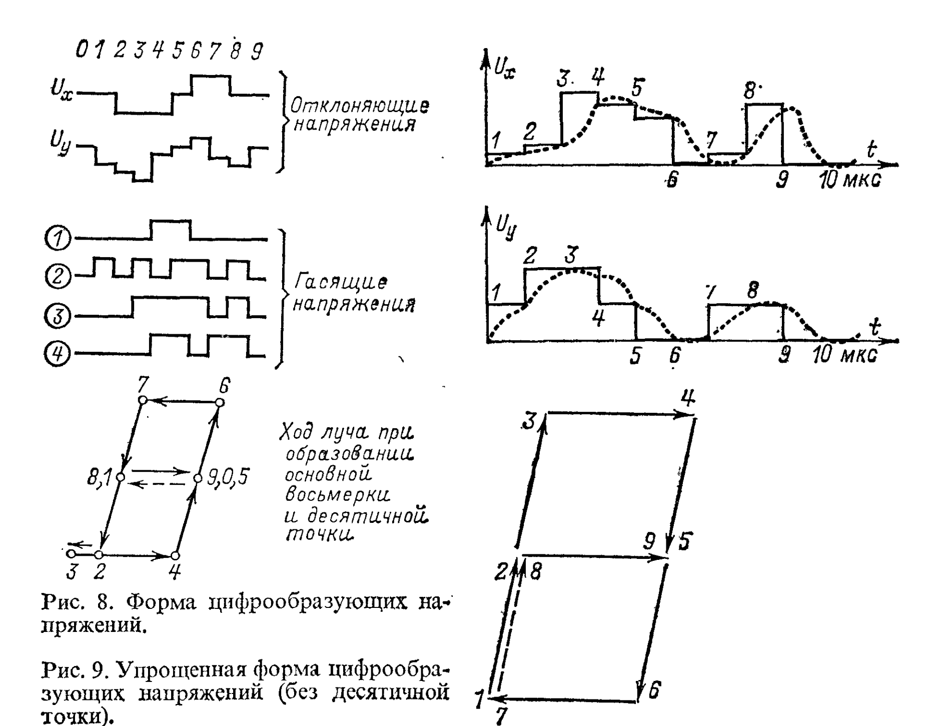


Рис. 8. Форма цифрообразующих напряжений.

Рис. 9. Упрощенная форма цифрообразующих напряжений (без десятичной точки).

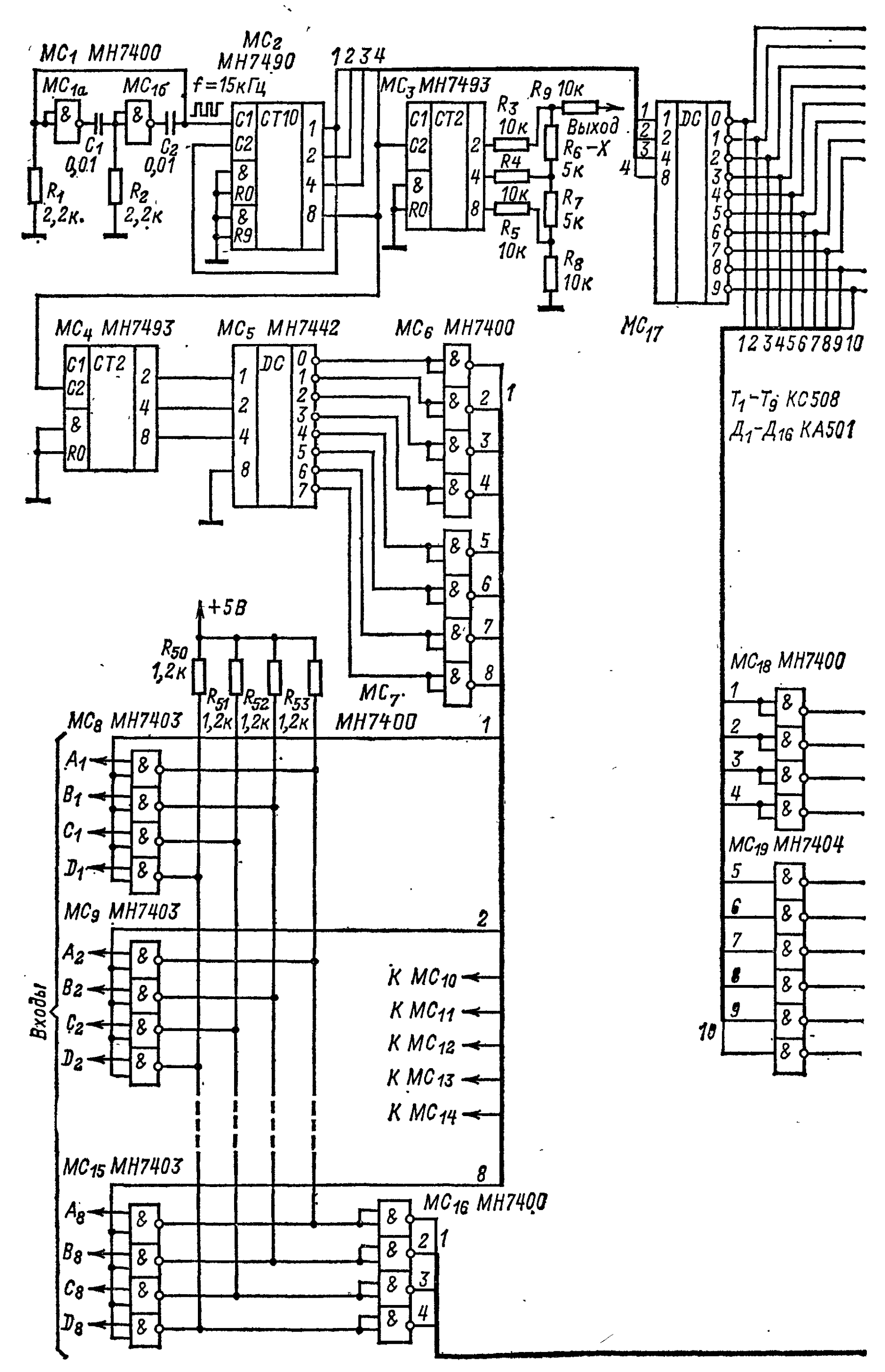
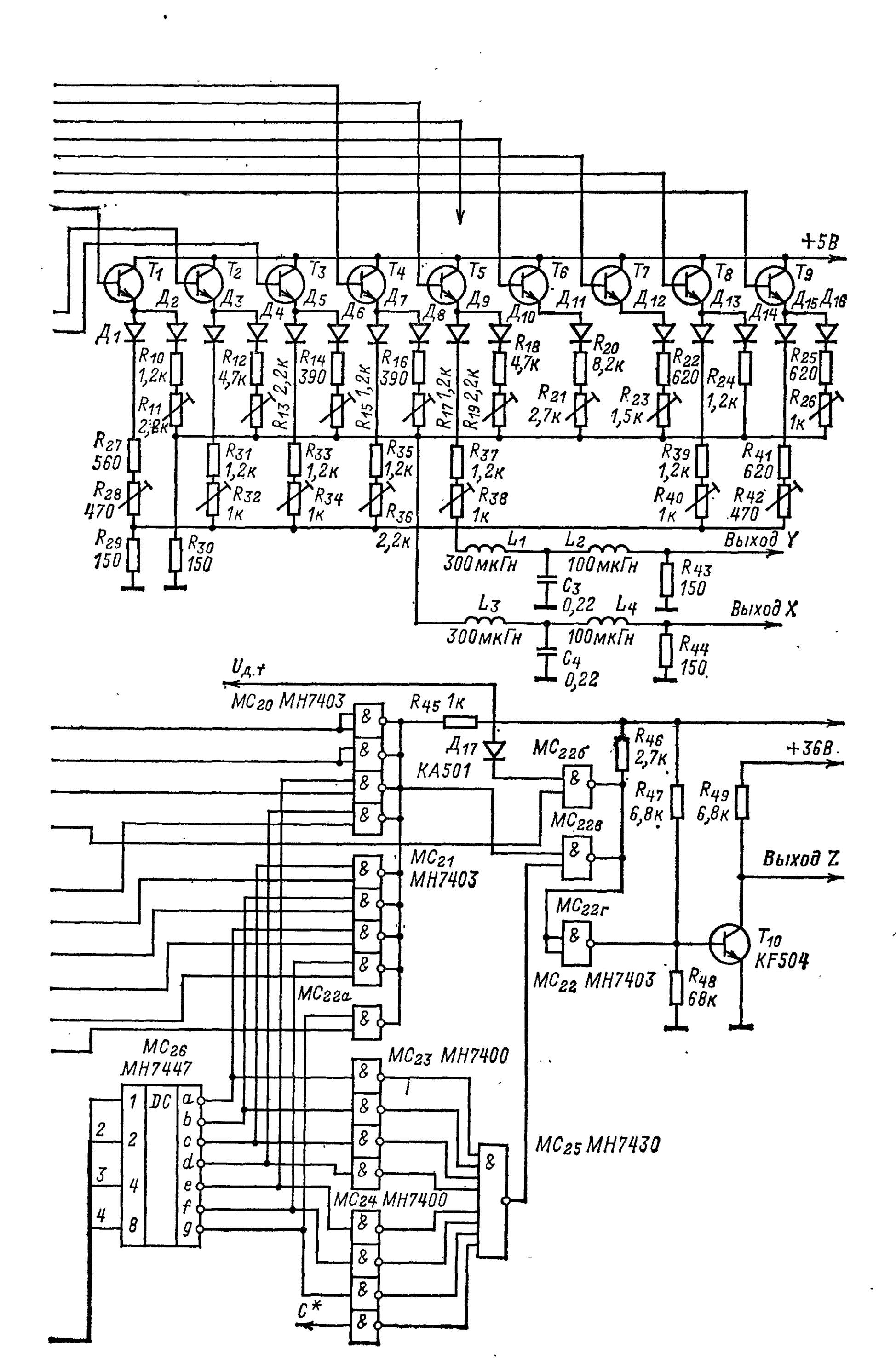


Рис. 10. Электрическая схема дисплея.



+5В
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
Д1
Д2
Д3
Д4
Д5
Д6
Д7
Д8
Д9
Д10
Д11
Д12
Д13
Д14
Д15
Д16
R10 1,2к
R11 2,2к
R12 4,7к
R13 2,2к
R14 390
R15 1,2к
R16 390
R17 1,2к
R18 4,7к
R19 2,2к
R20 8,2к
R21 2,7к
R22 620
R23 1,5к
R24 1,2к
R25 620
R26 1к
R27 560
R28 470
R29 150
R30 150
R31 1,2к
R32 1к
R33 1,2к
R34 1к
R35 1,2к
R36 2,2к
R37 1,2к
R38 1к
R39 1,2к
R40 1к
R41 620
R42 470
L1 300мкГн
L2 100мкГн
Выход Y
C3 0,22
R43 150
L3 300мкГн
L4 100мкГн
Выход X
C4 0,22
R44 150
Uд.т
MC20 MH7403
R45 1к
Д17 KA501
MC22б
R46 2,7к
+36В
R47 6,8к
R49 6,8к
MC22в
MC21 MH7403
Выход Z
MC22г
T10 KF504
MC22 MH7403
R48 68к
MC22а
MC26 MH7447
MC23 MH7400
DC
MC25 MH7430
MC24 MH7400
C*

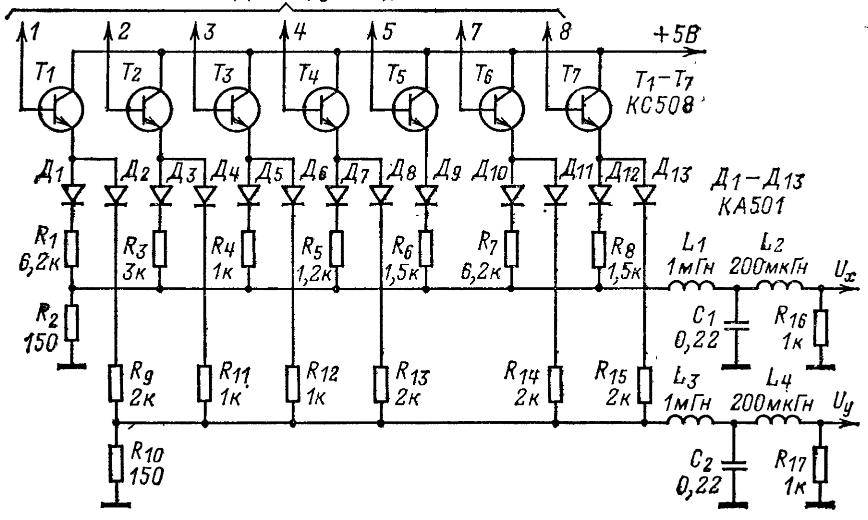


Рис. 11. Схема упрощенного блока развертки.

сано выше. Обратный сигнал (или его составляющие U_x и U_y) подводится к отклоняющим усилителям.

Описанным способом было бы возможно отображать на экране цифры только точечным методом (без формирования). Однако при этом в блоке развертки нужно использовать 16 транзисторов и более сложный дешифратор, который пришлось бы собирать из дискретных деталей.

В блоке гашения на выходах инверторов микросхем MC_{18} и MC_{19} формируются циклические сигналы, которые вместе с сигналами преобразователя MC_{26} определяют логику гашения. Для каждой цифры блок вырабатывает соответствующий гасящий сигнал, который снимается с выхода инвертора $MC_{22г}$.

Узел $MC_{23} - MC_{25}$ служит для формирования десятичной точки. Ее местоположение определяется вспомогательным сигналом $U_{д.т}$, подводимым к специальному входу. Этот сигнал снимается с выходов инверторов MC_6 или MC_7.

Усиленное тразистором T_{10} напряжение U_z подводят к ЭЛТ через разделительный конденсатор, рассчитанный на напряжение по крайней мере 1000 В.

Так как в некоторых ЭЛТ, например, «Тесла 7QR20», катод соединен с подогревателем, удобнее подавать гасящий сигнал на модулятор трубки. В этом случае, однако, нужно снимать гасящий сигнал с выходов инверторов $MC_{22б}$, $MC_{22в}$.

Описанные выше основные блоки дисплея можно использовать в сочетании с любым осциллоскопом (при выключенной временной развертке), если он, конечно, имеет вход для модулирования яркости луча ЭЛТ (по катоду или сетке). Блоки дисплея, собранные на двух платах, подключают к осциллоскопу не слишком длинным

жгутом из четырех проводов. При этом свивать провода между собой не следует, чтобы не увеличивать взаимной емкостной связи между ними, ухудшающей форму сигнала. Лучше всего использовать плоский (ленточный) кабель длиной не более 50 см, где «заземленный» провод расположен посредине, между проводами, несущими сигналы *X* и *Y*. Провод к модулятору яркости следует располагать возможно ближе к «заземленному».

Тем не менее всегда удобнее иметь автономный прибор, выполненный как единое целое, поэтому описанные блоки дисплея целесообразно дополнить блоком питания, отклоняющими усилителями и ЭЛТ. В таком приборе нелишними были бы и некоторые дополнительные блоки, такие, как, например, цифровые измерители емкости, частотомер и т. п.

Схема усилителя отклоняющего напряжения изображена на рис. 12. Оба усилителя *X* и *Y* совершенно одинаковы. Как высота цифр на экране ЭЛТ и их размещение относительно его середины, так и ширина цифр и их позиция по горизонтали зависят от усиления каждого из отклоняющих усилителей. Поэтому в них предусмотрены регуляторы, которыми можно установить эти параметры. Чем выше напряжение питания усилителей (относительно анодного напряжения ЭЛТ), тем большую высоту цифры и «длину» всего числа можно установить. Максимально допустимое коллекторное напряжение транзисторов KF 504 равно 140 В. Для большей надежности дисплея было выбрано более низкое напряжение – 100 В. При таком напряжении максимальная высота индицируемой цифры составила 18 мм при общей «длине» числа 55 мм.

Усилители симметричные; если используется ЭЛТ с асимметричными пластинами, т. е. с одной из пластин, соединенной с анодом (как, например, у 7QR20), то эту пару пластин используют для вертикального отклонения.

Транзистор T_1, включенный эмиттерным повторителем, служит преобразователем входного сопротивления. Транзисторы T_2 и T_3, эмиттеры которых связаны через подстроечный резистор R_6, работают в противофазе. Смещение на базе транзистора T_2 постоянно, а на базе T_3

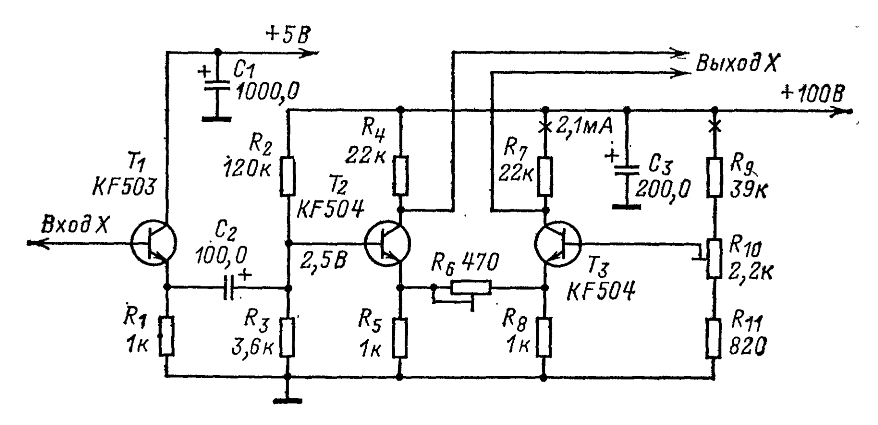


Рис. 12. Схема усилителя отклоняющего напряжения.

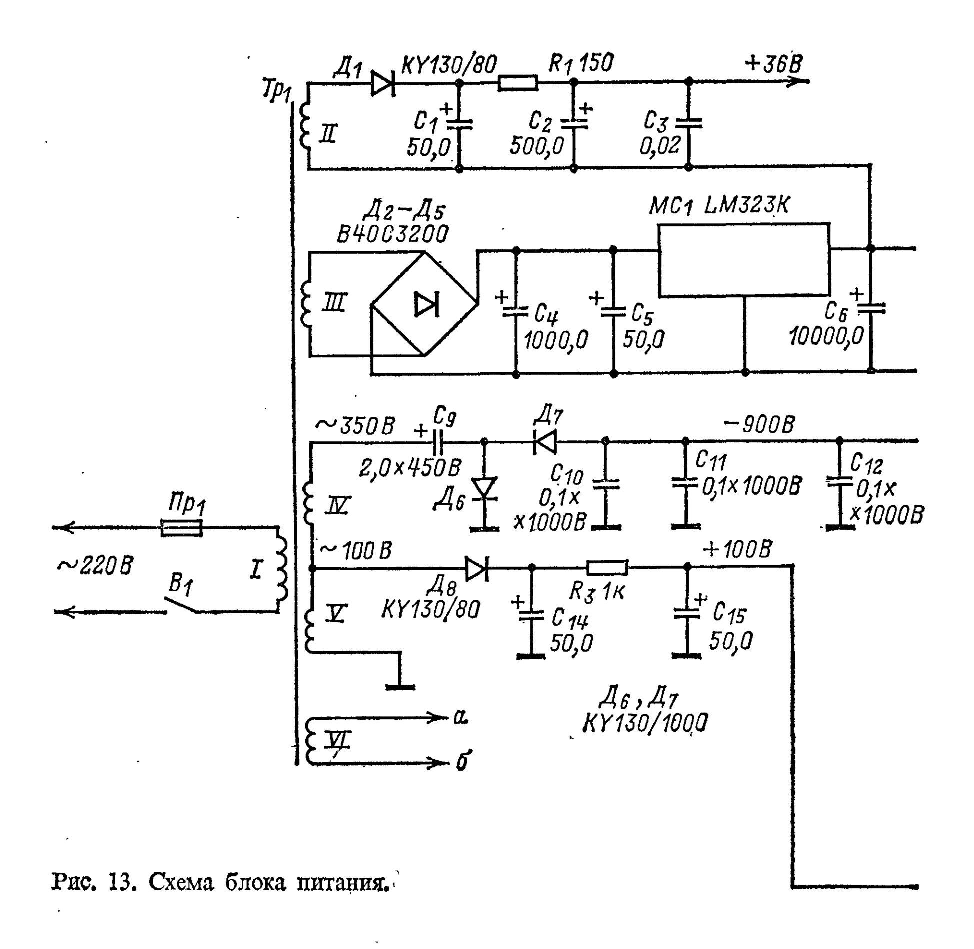
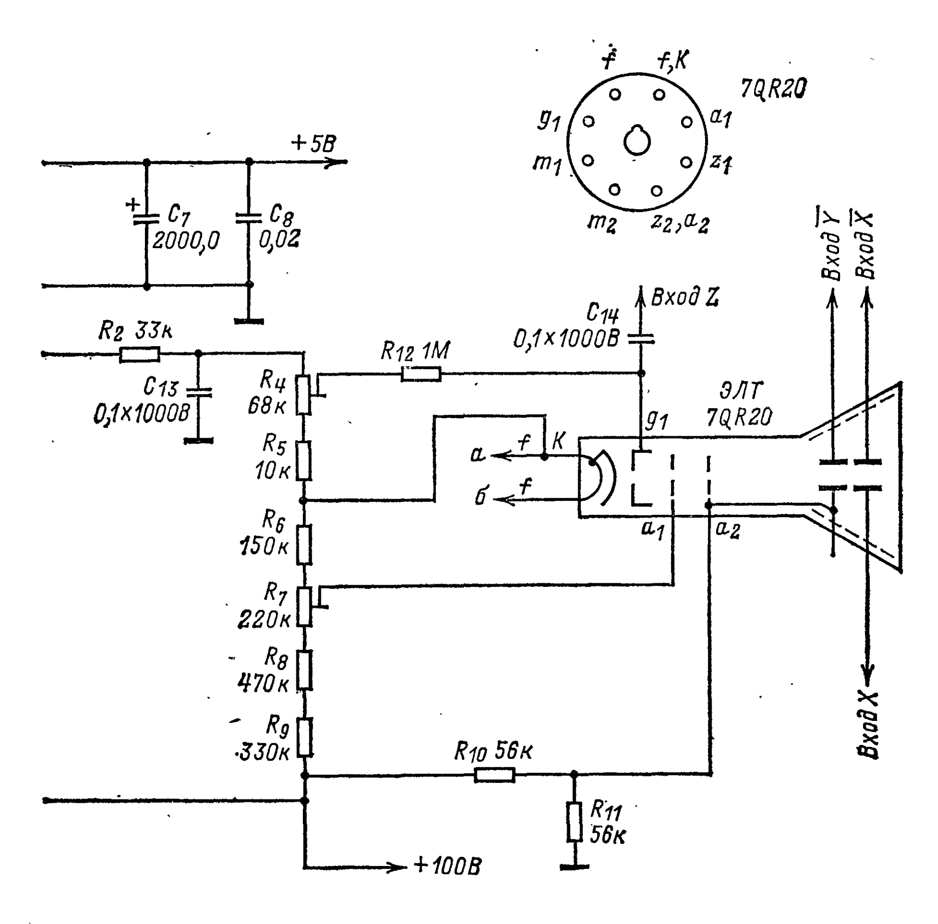


Рис. 13. Схема блока питания.

можно изменять подстроечным резистором R_{10}, которым устанавливают положение цифр относительно середины экрана ЭЛТ. Резистором R_6 устанавливают амплитуду сигнала, т. е. ширину (или высоту для усилителя Y) индицируемых знаков.

Подача сигнала U_y к усилителю Y от блока развертки проблемы не представляет. Для подключения выходов X и $-X$ блока развертки к отклоняющему усилителю X не нужно, чтобы он имел два входа (дифференциальный усилитель). Достаточно соединить между собой выходы X и $-X$ через резистор сопротивлением 10 кОм; после этого резистора снимается сигнал ступенчатой формы, каждая ступенька которого несет промодулированную форму уменьшенного напряжения U_x.

На рис. 13 показана схема блока питания дисплея и цепей питания ЭЛТ. Источник стабилизированного напряжения 5 В особенностей не имеет. В стабилизаторе использована микросхема, рассчитан-



ная на максимальный ток нагрузки 3 А. Согласно рекомендациям завода — изготовителя этой микросхемы необходимо, чтобы возможно более короткими проводниками к выводам *1* и *3* был подключен танталовый оксидный (электролитический) фильтрующий конденсатор — это препятствует возникновению паразитной генерации. Микросхему следует смонтировать на теплоотводе необходимых размеров. Напряжение 36 В стабилизировать не требуется.

Для питания анодных цепей ЭЛТ предусмотрен диодный выпрямитель-удвоитель напряжения ($C_9Д_6Д_7$). С резистивного делителя напряжения $R_4 - R_{11}$ снимаются необходимые рабочие напряжения на электроды ЭЛТ. Учитывая необходимость смещения изображения на экране ЭЛТ, ее анод a_2 заземлен через нижние звенья резистивного делителя. Это дает возможность центровки луча. Яркость и фокусировка луча установлены раз и навсегда подстроечными резисторами R_4 и R_7 соответственно. Между резисторами R_2 и R_{11} делителя напряжение

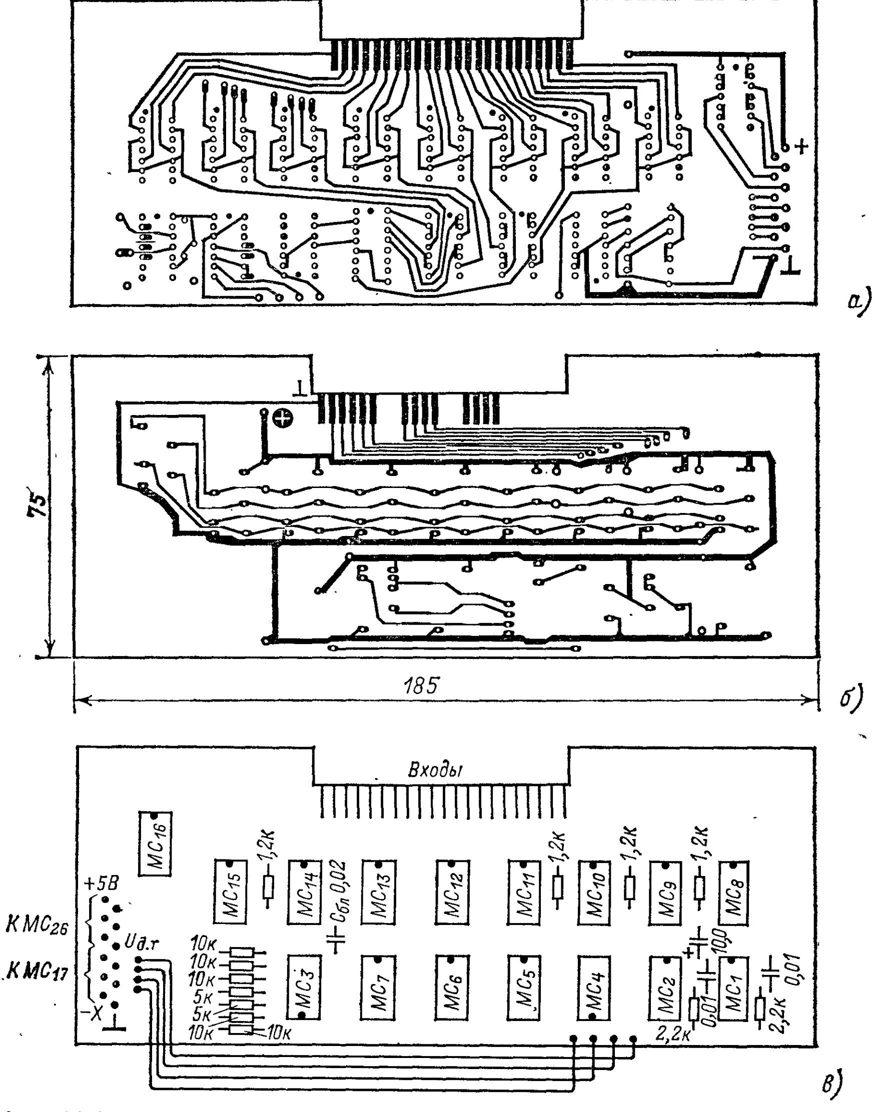


Рис. 14. Чертеж печатной платы входного коммутатора, тактового генератора, дешифраторов (детали смонтированы со стороны, показанной на рис. 14, *б*).

достигает 1000 В, что вполне достаточно для получения резкого изображения цифр на экране.

Все блоки дисплея смонтированы на пяти печатных платах — входного коммутатора (рис. 14); развертки и гашения луча (рис. 15); усилителей отклоняющих напряжений (рис. 16); цепей питания ЭЛТ (рис. 17) и блока питания. Плата входного коммутатора и плата

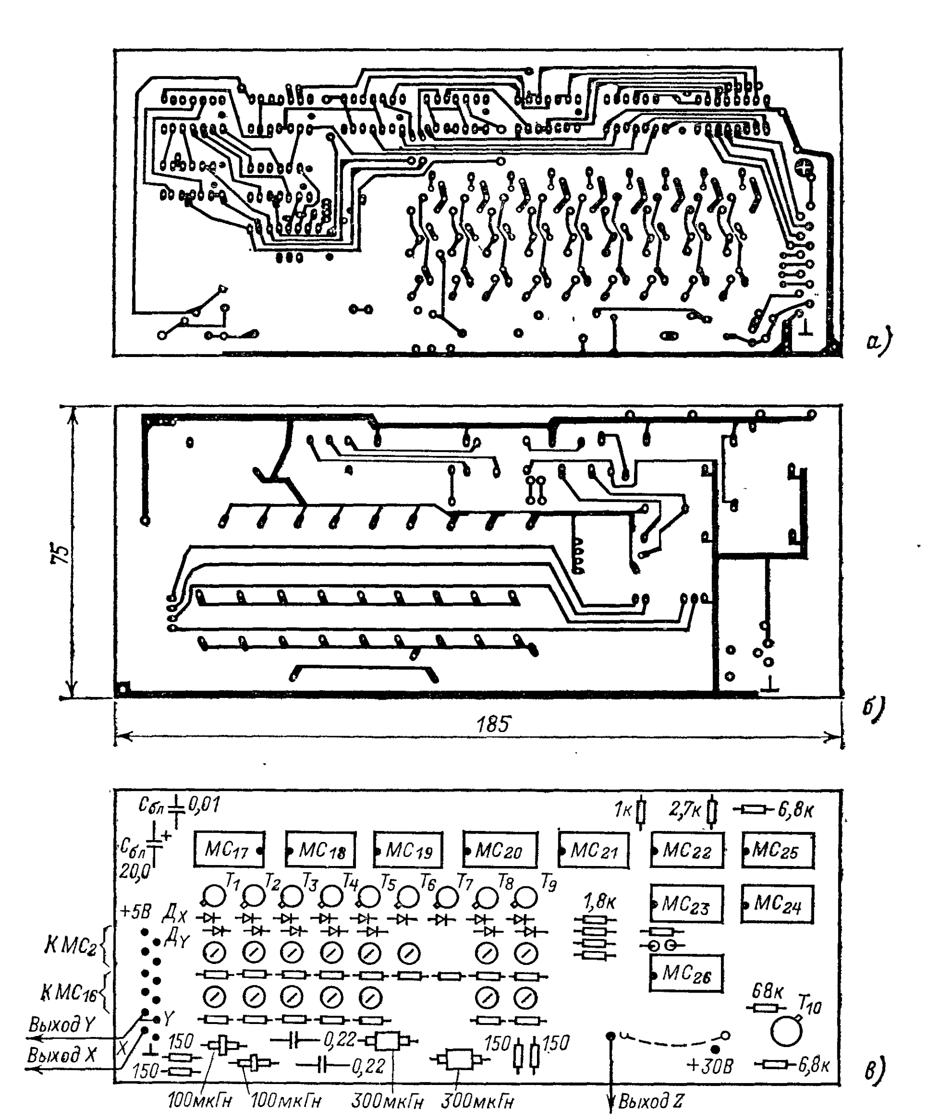


Рис. 15. Чертеж печатной платы блоков развертки и гашения луча (детали смонтированы на стороне, показанной на рис. 15, *б*).

развертки и гашения луча изготовлены из двустороннего фольгированного стеклотекстолита, остальные — односторонние. Первые две платы относительно более сложны и имеют более густую сеть соединений. Поэтому на рисунках показаны обе стороны плат и размещение деталей. Следует иметь в виду, что на плате развертки и гашения не удалось разместить все печатные проводники, поэтому после монтажа деталей нужно на обратной стороне изолированным проводом выполнить соединения (на рисунках не показаны) между выходами

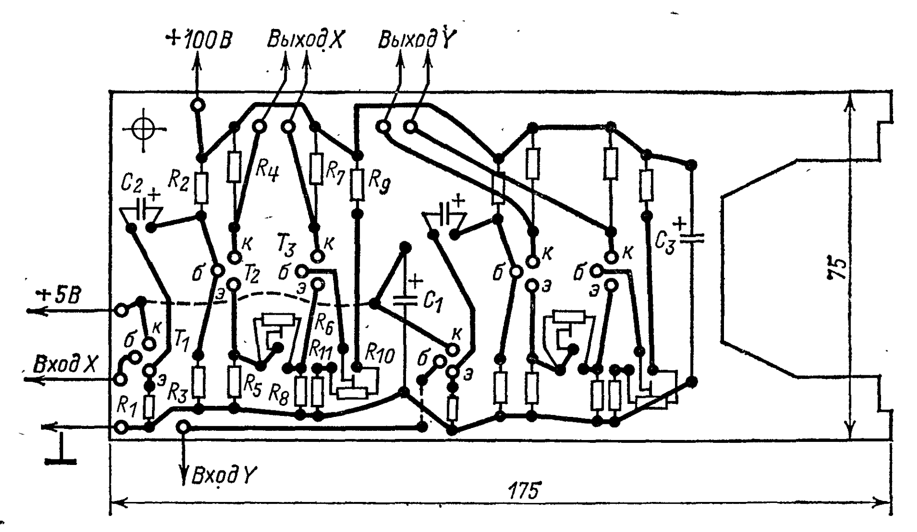


Рис. 16. Чертеж печатной платы усилителя отклоняющего напряжения.

микросхемы MC_{17} и базами транзисторов $T_1 - T_9$ в соответствии со схемой.

Общая конструктивная компоновка дисплея представлена на рис. 18 (вид сзади). Кожух прибора – панельный. Передняя и задняя панели размерами 260 × 80 × 5 мм жестко скреплены по углам четырьмя стержнями длиной 250 мм. Сверху и с боков каркас закрывается П-образной крышкой. К передней панели прикреплен защитный кожух ЭЛТ, на котором смонтированы платы усилителей отклоняющих напряжений и цепей питания трубки. На задней панели укреплен сетевой трансформатор, а возле него – панель блока питания. К левой (по рисунку) паре стержней прикреплены платы входного коммутатора и развертки с блоком гашения. В средней части каркаса имеется пространство достаточных размеров, которое было запланировано для встраивания плат дополнительных устройств.

Платы питания цепей ЭЛТ и отклоняющих усилителей скреплены между собой резьбовыми шпильками. Плата входного коммутатора, так же как и плата развертки и гашения, передними кромками фиксирована в прорезях в передней панели, а сзади скреплена винтом М3 через втулку. Таким же образом можно разместить и платы дополнительных устройств. Платы входного коммутатора и развертки подключены посредством многоконтактных разъемов. Передняя панель дисплея закрыта пластиной органического стекла темно-зеленого цвета. Она предохраняет экран ЭЛТ от повреждений и одновременно повышает читаемость показаний дисплея.

Сетевой трансформатор Tp_1 намотан на магнитопроводе сечением 5,2 см². Сетевая обмотка содержит 2370 витков провода ПЭВ-2 0,22; обмотка *II* – 330 витков ПЭВ-2 0,2 (~26 В); *III* – 100 витков ПЭВ-2 1,0 (~9 В); *IV* – 3850 витков ПЭВ-2 0,05 (~350 В); *V* – 1100 витков ПЭВ-2 0,14 (~100 В); *VI* – 69 витков ПЭВ-2 0,45 (~6,3 В).

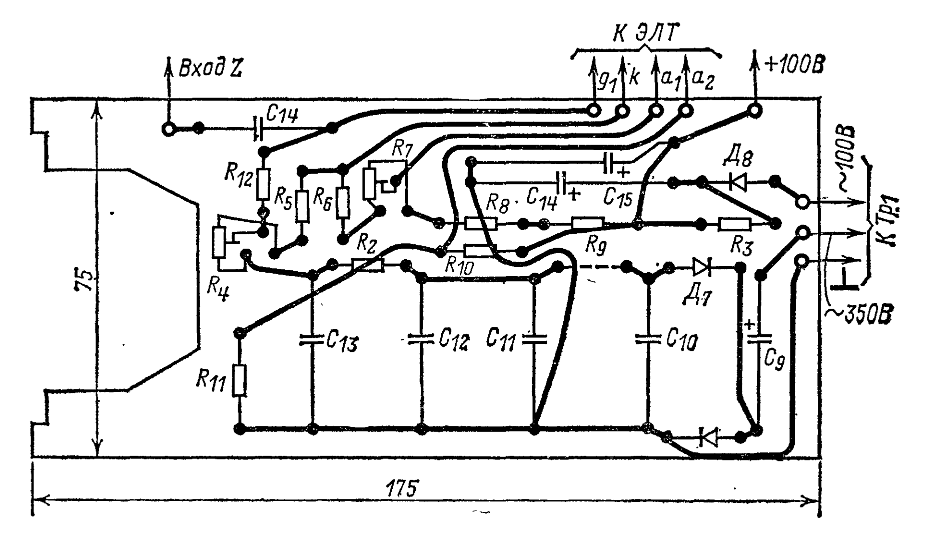


Рис. 17. Чертеж печатной платы цепей питания ЭЛТ.

Рис. 18. Размещение узлов дисплея в кожухе.

Налаживание дисплея начинают с тактового генератора. На выходе 8 счетчика MC_2 должен быть сигнал частотой 1,5 кГц. Выходное напряжение микросхемы MC_3 (с выхода – X) должно характеризоваться правильным и одинаковым скачкообразным изменением уровня, что лучше всего контролировать с помощью осциллоскопа. Если это не выполняется, значит разброс сопротивлений резисторов $R_3 - R_9$ слишком велик. Работа микросхемы MC_4 во многом похожа на работу MC_3.

Работу дешифратора MC_5 проверяют следующим образом. Убеждаются, есть ли на его выходе циклический, в ритме тактовых импульсов сигнал с уровнем логического 0. Инверторы MC_6 и MC_7 при правильной работе должны иметь на своих выходах циклический сигнал с уровнем логической 1. Элементы совпадения $MC_8 - MC_{15}$ проверяют одновременно. Для такой проверки необходимо, чтобы на выходах всех декад последовательно имитировалась одна и та же цифра (в коде BCD). «Заземляя» любой из входов, проверяют с помощью осциллоскопа форму сигнала после инвертора MC_{16}. По положению соответствующего импульса и его расширению можно надежно судить о правильности работы коммутатора. Работу микросхем MC_{17}, MC_{18}, MC_{19} проверяют аналогично уже описанному. Правильность работы транзисторов $T_1 - T_9$ определяют по форме напряжения на резисторах R_{29} и R_{30}. Если она отличается от требуемой, устанавливают ее подстроечными резисторами R_{11}, R_{13} и т. д. (разумеется, в соответствующей интегрирующей цепочке). Блок гашения луча, если он собран безошибочно, обычно налаживания не требует.

Описанный дисплей на ЭЛТ несложно расширить и для индикации шестнадцатизначных чисел, для чего счетчики MC_3 и MC_4 нужно переключить на коэффициент деления 16 и соответственно расширить входной коммутатор. Точно так же можно снизить число индицируемых цифр на четыре или шесть отключением некоторых элементов совпадения коммутатора и заменой микросхем MH7493 на SN7492 (счетчик шести) или MH7474 (счетчик четырех) для популярных в настоящее время электронных цифровых часов.

Чехословацкие приборы	Рекомендуемые для замены отечественные приборы	Чехословацкие приборы	Рекомендуемые для замены отечественные приборы
MH7400	К155ЛА3	KC508	КТ342Б
MH7403	К155ЛА8	KC509	КТ342В, КТ3102Е, КТ3102Д
MH7404	К155ЛН1		
MH7410	К155ЛА4	KD601	КТ803А
MH7430	К155ЛА2	KD606	КТ803А
MH7440	К155ЛА1	KU611	КТ801Б
MH7442	К134ИД6	BC177	КТ3107А
MH7447	К514ИД2	BF245	КП303А
MH7450	К155ЛР1	4NU74	ГТ806, ГТ701А, П210А
MH7460	К155ЛД1	KA206	Д220, КД503
MH7472	К155ТВ1	KA501	Д220, Д223
MH7474	К155ТМ2	KY130/80	Д226Д
MH7475	К155ТМ7	KY130/150	Д226Е
MH7490	К155ИЕ2	KY132/300	КД202М
MH7493	К155ИЕ5	OA5	Д7Б
MH74141	К155ИД1	GAZ51	Д7А
A110C	К521СА2	KZ260/13	Д813
KFY16	КТ814В	B4OC3200	КЦ405Е
KFY18	КТ814В	LQ100	АЛ102
KFY46	КТ815В	KT784	КУ20В, КУ20Г
KF503	КТ602Б	7QR20	5ЛО38И; 6ЛО1И, ЛО247М
KF504	КТ611Г		
KF508	КТ602Б	ZM1080T	ИН16, ИН17, ИН18
KC507	КТ342Б		

СОДЕРЖАНИЕ

УДК 681.84.086.8

Двуполосный Hi—Fi стереоусилитель. Г. Левинзон, А. Логинов.— Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей, 1981, с. 4–28.

Приведена принципиальная схема и описана конструкция двуполосного стереофонического усилителя, предназначенного для высококачественного воспроизведения стереофонических программ от различных источников сигналов. Основная особенность конструкции – использование двуполосного выходного усилителя в каждом из каналов, что позволяет значительно уменьшить интермодуляционные искажения, расширить динамический диапазон усилительного тракта, устранить недостатки, обусловленные применением разделительных фильтров акустических преобразователей.

УДК 621.396.963.3

Индикатор уровня на светодиодах. И. Свобода.— Конструкции советских, чехословацких радиолюбителей, 1981, с. 29–35.

Приведено описание индикатора уровня на светодиодах, состоящего из двух частей: измерительного усилителя и дешифратора уровня с дисплеем. Конструкция имеет преимущества с точки зрения универсальности применения индикатора. Его отображающая часть может быть использована самостоятельно для измерения, например выходной мощности, а совместно с логарифмическим усилителем – для измерения уровней с большими динамическими диапазонами.

УДК 621.395.623.7:621.372.85

Громкоговоритель с электронным фильтром. М. Лаб.— Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей, 1981, с. 36–51.

Содержатся рекомендации по конструированию и изготовлению системы громкоговорителей с электронным фильтром, обладающей хорошими качественными показателями.

УДК 681.843.087.7

Высококачественный стереофонический электрофон. Ю. Красов, В. Черкунов.— Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей, 1981, с. 52–77.

Приведено описание электрофона, предназначенного для высококачественного воспроизведения грамзаписи, состоящего из трех самостоятельных блоков: стереофонического усилителя низкой частоты, электропроигрывателя и акустической системы из двух громкоговорителей. Блочное построение электрофона облегчает его изготовление и налаживание, а также дает возможность использовать блоки совместно с другой аппаратурой.

УДК 681.847.2–181.48

Карманный диктофон «Селигер-6». В. Колосов, Л. Мельникова.— Конструкции советских и чехословацких радиолюбителей, 1981, с. 78–108.

Приведено описание самодельного карманного диктофона для записи речи в нестационарных условиях и последующего воспроизведения через головной телефон или динамический микрофон.